BnF Gallica

# Traité de télégraphie électrique : comprenant son histoire, sa théorie, ses appareils, sa pratique, son avenir, sa [...]

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

{BnF Gallica

Moigno, François (1804-1884). Auteur du texte. Traité de télégraphie électrique : comprenant son histoire, sa théorie, ses appareils, sa pratique, son avenir, sa législation / par M. l'abbé Moigno,.... 1852.

**1/** Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :
- La réutilisation non commerciale de ces contenus ou dans le cadre d'une publication académique ou scientifique est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source des contenus telle que précisée ci-après : « Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France » ou « Source gallica.bnf.fr / BnF ».
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service ou toute autre réutilisation des contenus générant directement des revenus : publication vendue (à l'exception des ouvrages académiques ou scientifiques), une exposition, une production audiovisuelle, un service ou un produit payant, un support à vocation promotionnelle etc.

CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE

**2/** Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

**3/** Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :
- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

**4/** Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

**5/** Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

**6/** L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

**7/** Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter
utilisation.commerciale@bnf.fr.

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

V

C.

46992

# TRAITÉ

DE

# TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE

PRÉCÉDÉ D'UN

## EXPOSÉ DE LA TÉLÉGRAPHIE EN GÉNÉRAL

ET DE LA TÉLÉGRAPHIE ANCIENNE DE JOUR ET DE NUIT.

IMPRIMERIE DE PLON FRÈRES

36, rue de Vaugirard, à Paris.

# TRAITÉ

DE

# TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE

COMPRENANT

SON HISTOIRE, SA THÉORIE, SES APPAREILS, SA PRATIQUE,
SON AVENIR, SA LÉGISLATION;

PRÉCÉDÉ D'UN

## EXPOSÉ DE LA TÉLÉGRAPHIE EN GÉNÉRAL

ET DE LA TÉLÉGRAPHIE ANCIENNE DE JOUR ET DE NUIT,

PAR


## M. L'ABBÉ MOIGNO,

Aumônier du lycée Louis-le-Grand,

Auteur des Leçons de calcul différentiel et intégral, et du Répertoire d'optique moderne.


BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F. IMPRIMÉS

AVEC ATLAS DE VINGT-DEUX PLANCHES GRAVÉES EN TAILLE-DOUCE.


SECONDE ÉDITION,

**entièrement refondue et complétée.**


DÉPÔT LÉGAL Seine n° 1085 1852


PARIS

A. FRANCK, LIBRAIRE-ÉDITEUR,

67, RUE RICHELIEU.

1852

# DÉDICACE.

## A M. FRANÇOIS ARAGO.

Amené à écrire l'histoire et la théorie de la plus curieuse application de la science de l'électricité et du plus étonnant des arts, la télégraphie électrique, combien vive a été ma joie quand j'ai vu que les deux faits qui dominent et vivifient cette branche nouvelle et déjà si vaste de la physique appliquée avaient été découverts par vous!

Égal illustre des Volta, des Oersted, des Ampère, des Faraday, le premier, en effet, vous avez démontré, par une expérience mémorable et complète, les effets certains d'aimantation momentanée ou durable produits par le passage des courants électriques autour du fer doux ou de l'acier.

Le premier, vous avez remarqué la mystérieuse influence exercée par un disque en mouvement sur le barreau aimanté, influence que vous avez vue s'étendre plus tard à l'hélice électro-dynamique. Or, cette observation neuve et imprévue renfermait comme dans un germe fécond la magnifique théorie de l'induction si savamment formulée par le génie de Faraday.

Aussitôt qu'il m'eut été donné de constater vos droits à une si grande part de gloire dans la création de la télé-

graphie électrique, je résolus de vous dédier mon livre, et je ne saurais vous remercier assez de l'honneur que vous me fîtes en acceptant ma dédicace.

Il était incomplet et informe quand vous avez bien voulu me permettre de le produire sous vos auspices : votre glorieux patronage lui a porté bonheur; il a fait son chemin dans le monde; ma première rédaction a été rapidement épuisée. J'en ai fait une seconde, et je viens, plein de reconnaissance, vous demander de rattacher de nouveau à votre nom immortel ce traité complet de télégraphie électrique.

Je m'exerce depuis vingt-cinq ans à apprendre de vous cet art incomparable d'exposition lucide, de vulgarisation saisissante, que vous possédez au plus haut degré. Puissé-je avoir réussi! Puissiez-vous me reconnaître hautement pour un de vos plus fidèles élèves! Je serai dans tous les cas et toujours le plus dévoué de vos admirateurs.

FRANÇOIS MOIGNO.

Paris, 15 août 1851.

# ÉPIPHONÈME.

J'ai cru devoir fondre dans les divers chapitres de cet ouvrage l'avant-propos de ma première rédaction, pour mieux faire ressortir sur place la portée incommensurable des progrès et des applications de la télégraphie électrique. Mais j'ai réservé un paragraphe qui servira d'épiphonème à ce nouvel ouvrage.

Je l'ai écrit en septembre 1845 sur le pont de Londres, centre et point culminant de la civilisation matérielle la plus avancée qui fut jamais.

Mon imagination alors était vivement exaltée par le spectacle unique au monde, de ces centaines de bateaux à vapeur qui fendaient avec une vitesse excessive les eaux du grand fleuve, de ces locomotives qui partaient en mugissant pour dévorer l'espace, de ces fils métalliques envahis par la foudre et qui jetaient vers tous les points de l'horizon des messages prompts comme l'éclair; de ces mille vomitoires plus élancés que les obélisques du vieux monde et qui laissaient retomber sur la vaste cité les flots de leur fumée utile à la fois et lugubre!

Mais mon intelligence était plus éclairée que jamais par les lumières de la foi!

Mais mon cœur vibrait mieux que jamais à l'unisson des inspirations consolantes et éminemment humanitaires de la religion chrétienne!

Mais je comprenais mieux que je ne l'avais compris jusque-là ce céleste enseignement : Gloire à Dieu! Paix aux hommes de bonne volonté! Le règne de Dieu peut seul amener sur la terre le règne de la paix et du bonheur de l'humanité!

Et voici le sentiment qui m'agitait.

Plus encore par l'invention de la télégraphie électrique que par l'emploi de la vapeur, l'homme est devenu un géant. Or, les divines Écritures et les traditions de tous

les peuples nous racontent qu'il l'a déjà été dans les temps primitifs.

Oui, il y eut autrefois une race de géants, et leur histoire, toute lamentable qu'elle est, pourrait, si nous n'y prenons garde, redevenir la nôtre.

L'enfant de Dieu, c'est–à-dire l'homme spirituel, trouva belles les filles de la terre, c'est-à-dire les créatures matérielles.

Un fol amour obscurcit tout à coup sa raison et dépravа son cœur.

L'esprit arriva tristement à s'identifier avec la matière.

Cette union insensée et criminelle produisit les géants.

Et, en effet, quand le génie de l'homme concentre toute son activité et toute son énergie sur la matière, quand il l'anime en quelque sorte de son souffle de vie divine, il devient comme créateur.

Mais alors aussi, dans l'ivresse de son triomphe, il se croit Dieu; il n'élève plus ses regards vers le ciel, il se replie sur lui-même, il s'identifie de plus en plus avec la terre, dont la masse finit en quelque sorte par l'absorber.

Et bientôt commence une affreuse réaction.

La matière devenue reine énerve et subjugue son roi.

Asservi, abruti par les sens, l'esprit a perdu tout son élan. La science s'éteint, l'industrie meurt, la barbarie recommence!

Et pour renouveler la terre, il ne faut rien moins que l'exercice terrible de la justice de Dieu, ou l'exercice miséricordieux de sa bonté infinie!

# PRÉFACE.

Cette seconde édition de mon traité de Télégraphie électrique diffère tellement de la première, par sa forme et son étendue, qu'on peut la considérer comme un livre entièrement nouveau, et je me réjouis d'avoir pu donner à cet ouvrage, ainsi que je le désirais ardemment, l'unité de rédaction et d'ensemble impossible à réaliser dans une série d'articles sur les progrès d'une science encore au berceau et qui grandit presque à vue d'œil.

Mais cette fois encore, ce que j'ai voulu produire ce n'est pas un livre simplement dogmatique, destiné à mettre en évidence les propositions et les faits, à décrire les appareils et les modes de communication à distance qui constituent la télégraphie électrique. Si j'avais considéré mon sujet sous cet aspect purement théorique et pratique, j'aurais adopté un tout autre genre de rédaction : car, à ce point de vue, les remarques critiques dont ce livre abonde paraîtraient trop personnelles et déplacées. Ce que j'ai voulu faire avant tout, c'est un traité historique dans lequel les droits et les prétentions de tous et de chacun seraient scrupuleusement examinés. Les noms propres, alors, s'alignaient sur le premier plan de mon tableau, et j'entrais en possession du droit d'exprimer franchement ma pensée sur les travaux et les recherches des auteurs que je rencontrais sur mon chemin. Ce genre d'ouvrage a ses inconvénients, et l'on me reprochera bien certainement la liberté et la rigueur de mes jugements ; mais il a aussi ses avantages, et j'ai la conviction intime que, si les diverses branches de la physique étaient traitées de la même manière, la science y gagnerait beaucoup : on saurait mieux et la part de gloire qui revient à chaque concurrent, et le mérite réel de ses élucubrations.

Voici, en peu de mots, ce qui distingue et caractérise cette seconde édition.

Je l'ai d'abord fait précéder d'un traité complet de télégraphie en général, et de la télégraphie ancienne de jour et de nuit, avec son application au service des chemins de fer. Les détails dans lesquels je suis entré sur la perfection de la télégraphie optique des frères Chappe, sur la nécessité de la conserver et de la compléter par la télégraphie de nuit, de mon savant ami le docteur Jules Guyot, sont une des por-

tées de mon ouvrage auxquelles je tiens le plus, quoiqu'elle me mette en contradiction avec moi-même. J'avais cru d'abord que la télégraphie électrique devait remplacer la télégraphie ancienne, même comme télégraphie gouvernementale. C'était une illusion que j'ai fait partager à d'autres; mais je reconnais franchement que je m'étais grandement trompé. Si je pouvais croire que mon enthousiasme pour la télégraphie électrique a été pour quelque chose dans la destruction violente et inconsidérée des lignes de télégraphie ancienne, je me le reprocherais comme une faute et un malheur.

La réalisation de la télégraphie de nuit par les réverbères à gaz hydrogène liquide, solution parfaite d'un grand problème que les Chappe eux-mêmes n'avaient pas pu résoudre, a été refoulée dans le néant par le mauvais vouloir administratif; je proteste énergiquement contre ce déni de justice inintelligent et fatal.

J'ai fait une large part aux recherches toutes récentes et si belles de M. Fizeau sur la vitesse de la lumière, de MM. Fizeau et Gounelle sur la vitesse de l'électricité. La publication d'un long extrait de ces mémoires, encore inédits et inconnus, suffirait seule à faire rechercher ce volume. Des expériences semblables ont été réalisées en Amérique par deux amis ardents du progrès, MM. Walker et Mitchel; j'ai d'abord eu la pensée de publier une traduction fidèle de leurs mémoires originaux, mais le chiffre assigné par eux à la vitesse de l'électricité est si peu probable, et M. Fizeau a d'ailleurs si bien discuté leur méthode expérimentale dans un grand travail présenté à l'Académie des sciences, que je me suis décidé à laisser notre jeune et savant physicien français apprécier lui-même le mérite du travail de ses illustres rivaux.

J'ai traité avec plus d'étendue encore la magnifique question de la suffisance de la terre à ramener le courant électrique à travers toutes les distances imaginables, ou de ce qu'on appelle improprement sa conductibilité. Ce grand fait constaté par M. Steinheil, et qui suffirait à immortaliser son nom, est le plus extraordinaire, le plus mystérieux et le plus providentiel à la fois de tous les faits de la télégraphie électrique. L'explication que je propose est si naturelle et si complète, que j'ai dû la défendre avec beaucoup de chaleur : je crois avoir prouvé, jusqu'à l'évidence, qu'on ne peut la rejeter sans tomber dans des absurdités énormes, dans des contradictions déplorables.

J'ai voulu que ce volume fût une véritable encyclopédie de l'électri-

cité dans ses rapports avec la télégraphie, j'ai donc donné la figure et la légende de tous les appareils électriques qui se rattachent de loin ou de près à cet art merveilleux.

Le nombre des télégraphes électriques que j'ai décrits et représentés est plus que doublé. On trouvera peut-être qu'il y a surabondance de moyens et d'appareils ; en m'enfermant dans des limites plus étroites je me serais d'ailleurs épargné un travail éminemment ingrat et pénible ; mais mon traité eût été alors vieux en naissant ; tandis qu'avec l'extension que je lui ai donnée il sera de dix ans au moins en avant du progrès.

Le télégraphe imprimant en lettres romaines de M. Brett, les télégraphes à cadran et écrivant de M. Froment, le télégraphe électrochimique de M. Bain, le chef-d'œuvre du genre et peut-être le dernier mot de la télégraphie, n'ont encore été décrits nulle part.

Certains appareils ont acquis par leur valeur intrinsèque, ou le concours de certaines circonstances de temps et de lieu, une importance extraordinaire ; ce sont : le télégraphe à deux aiguilles, de l'Angleterre ; le télégraphe à aiguilles, représentant les signaux Chappe, de l'administration française ; le télégraphe américain de Morse ; le télégraphe prussien de MM. Siemens et Halske, etc., etc. Cette importance m'imposait l'obligation rigoureuse de décrire, avec tous les détails possibles, leur structure intime, leur manipulation et leur installation. Il me semble qu'à cet égard je ne laisse rien à désirer, et que dans mon nouveau traité la pratique de la télégraphie est au moins aussi avancée que la théorie.

Enfin, le chapitre relatif à la réalisation de la télégraphie électrique, aux services qu'elle a rendus, à son avenir, à sa législation, ébauchés à peine dans la première édition, occupe une grande place dans ce nouveau volume ; ces différentes parties forment, si je ne me trompe, un ensemble plein d'intérêt et de charme.

Quant à moi, je l'avoue, il n'est rien qui élève plus mon imagination, qui satisfasse aussi pleinement mon intelligenee, que cette transformation des phénomènes les plus abstraits de l'électricité dans les faits grandioses et merveilleux de la télégraphie électrique. Il y a là de quoi confondre mille fois ces esprits si légers, ces hommes du monde si vains, philosophes, littérateurs, économistes, politiques, etc., etc., qui, quand vous leur parlez de science et de théorie, s'écrient dédaigneusement : *Cui bono?* A quoi tout cela sert-il?

J'ai eu le bonheur de voir, il y a quelques jours, à Paris, M. Eisenlohr, physicien très-distingué de l'Allemagne, et cette bienheureuse visite m'a donné la solution d'une énigme que je livrais à mes lecteurs sans solution satisfaisante. J'ai dit, page 526, que sur la ligne télégraphique de Carlsruhe à Durlach on avait substitué à l'aiguille aimantée des télégraphes anglais une feuille d'or, et pour expliquer cette substitution singulière, j'ajoutais que probablement M. Eisenlohr avait fait usage d'une pile à tension. Il n'en est rien, et voici tout simplement le mécanisme auquel il a eu recours : la feuille d'or, fixée mollement par un peu de blanc d'œuf, et de manière à pouvoir flotter dans l'air très-librement, aux deux pôles d'une pile mise en action, comme la pile des relais, par la pile principale de la ligne télégraphique, passe entre les deux branches d'un aimant permanent. C'est donc un conducteur mobile qui, suivant le passage du courant, est attiré ou repoussé par l'aimant, et se meut ainsi tantôt vers la droite, tantôt vers la gauche, comme l'aiguille du multiplicateur. Cette disposition ingénieuse a été employée d'abord par M. Cumming dans son électromètre.

J'avais fait jusqu'ici d'inutiles efforts pour me procurer la description et les dessins du chronoscope de M. Wheatstone. C'était dans mon *Traité de télégraphie* une immense lacune, et je me réjouis grandement d'avoir pu enfin la combler. M. Hipp de Reutlingen a fait construire en le perfectionnant cet admirable appareil ; il est décrit et figuré dans la sixième édition de l'excellent *Traité de physique* de M. Eisenlohr que le savant physicien a bien voulu m'adresser : j'ai reproduit cette figure planche XXII, fig. 4, et j'ai trouvé place pour la description dans la légende des planches.

Pour mettre cette seconde édition tout à fait au courant des progrès accomplis dans les trois années qui viennent de s'écouler, j'ai fait le dépouillement de tous les ouvrages et brochures publiés sur la télégraphie électrique en Angleterre, en France, en Allemagne, en Amérique, etc. Voici les titres des volumes qui m'ont fourni le plus de documents et de renseignements utiles, ou dont j'ai le plus profité : 1° Télégraphie de jour et de nuit, par le docteur Jules *Guyot*, Paris, 1840 ; 2° SCHELLEN *der electro-magnetische Telegraph*, *Brunswich*, 1850 ; 3° STEINHEIL *Beschreibung und Vergleichung der galvanischen Telegraphen*, *Munich*, 1849 : M. Edmond Denis, de Nancy, a traduit ce long mémoire, hérissé de faits et de

mots techniques, avec un courage et un succès dont je le félicite sincèrement, en le remerciant de m'avoir confié son manuscrit ; 4° *Electric-Telegraphs-Manipulation*, ou Manuel de Télégraphie électrique, par Charles *Walker*, directeur des télégraphes de la compagnie des chemins de fer du sud-est, Londres, 1850 : ce petit ouvrage, extrêmement précieux, a été mal traduit en français par M. Magnier, et fait partie des manuels de Roret ; 5° *Manuale di Telegrafia elettrica di C.* MATTEUCCI, Pise, 1850. C'est un excellent résumé des principes et des faits de la télégraphie.

En confiant l'impression de cette nouvelle édition aux célèbres ateliers de MM. Plon frères, en faisant graver les dessins qui dans la première édition n'étaient que lithographiés, en ne reculant pas devant l'énorme dépense d'un volume de plus de quarante feuilles, d'un atlas de vingt-deux planches, M. Franck s'est montré ce que je l'ai toujours connu, un esprit élevé et généreux. Je n'avais qu'un moyen de lui témoigner efficacement ma reconnaissance, c'était de faire en sorte que cet ouvrage fût parfait au fond comme il est parfait dans la forme matérielle. Je ne puis me flatter d'avoir réussi, mais j'ai du moins fait un livre instructif, intéressant et indispensable à tous ceux qui veulent savoir ce que c'est que la télégraphie électrique.

Que je suis heureux de pouvoir annoncer enfin le succès glorieux de la plus magnifique entreprise des temps modernes ! « Ils sont donc arrivés ces jours que j'avais appelés de tous mes vœux, ces jours si impatiemment attendus, où les vents déchaînés remuant jusque dans leurs profondeurs inaccessibles les eaux tumultueuses de la Manche, et soulevant les flots en montagnes mugissantes, n'interrompent pas une correspondance calme et fraternelle.

» Nous assistons enfin au magnifique spectacle d'une mer terrible entre toutes les mers domptée par le génie de l'homme, et devenue un messager fidèle et complaisant. » Je ne puis mieux terminer cette préface qu'en racontant le succès du télégraphe sous-marin.

L'enveloppe extérieure du câble qui unit les côtes d'Angleterre aux côtes de France est formée d'un fil de fer galvanisé de cinq millimètres d'épaisseur, enroulé dix fois sur lui-même. L'intérieur ou le noyau du câble est un faisceau de quatre fils de cuivre, recouverts de gutta-percha et parfaitement isolés, à travers lesquels passe le courant. Le diamètre extérieur du câble est de près de 4 centimètres, sa longueur de plus de 32 kilomètres, son poids de plus de 25,000 kilo-

grammes. Il a été construit dans les ateliers de MM. Bloke et Ce, à Wapping, sous la direction de M. Statenham, et coûte plus de 300,000 fr.

Il a passé d'une seule pièce des ateliers dans les flancs du bateau à vapeur le *Blazer*, où des bras vigoureux le tordaient sur lui-même et le condensaient en un énorme cylindre haut de dix mètres. Le *Blazer* arriva à Douvres le mercredi 24 décembre, et dès le lendemain jeudi on commença à poser le fil en présence et sous la direction de MM. Crampton et Wollaston, ingénieurs de la compagnie. Le point d'attache sur la côte anglaise est le cap de Southerland, près de Douvres. L'extrémité du câble, enfermée dans un tuyau de fonte, remonte perpendiculairement à travers un puits creusé sur le rivage : le reste du fil repose sur le fond du canal de la Manche, ou se maintient étendu dans l'eau ; son autre extrémité devait aboutir à Stangatte, sur les côtes de France, à une petite distance de Calais, et venir s'attacher à la côte, à travers un second puits vertical. L'opération de la pose fut terminée le soir du jeudi ; mais l'on reconnut avec douleur et anxiété que la longueur du câble était insuffisante; l'extrémité libre restait à près d'un kilomètre de Stangatte. La mer était très-mauvaise ; la traction violente exercée par le câble sur le *Blazer*, menaçait à chaque instant de le faire chavirer ; il fallut donc attacher une bouée à l'extrémité du fil, et l'abandonner à lui-même. On retrouva la bouée à sa place le surlendemain samedi ; on hissa l'extrémité du câble à bord ; on essaya une dernière fois et sans succès de la rapprocher en tirant des côtes de France. Le dimanche enfin, on lia fortement au câble une simple corde roulée, revêtue de gutta-percha et de goudron, contenant aussi quatre fils de cuivre mis en contact métallique avec ceux du câble, et l'on atteignit le cap Stangatte. Des dépêches furent aussitôt échangées entre Calais et Douvres; la communication électrique à travers l'Océan était parfaite, et le télégraphe imprimeur de M. Brett, le télégraphe à aiguilles de Wheatstone, etc., fonctionnèrent avec une admirable précision. Pendant les six semaines suivantes, on substitua à la corde provisoire un morceau de câble supplémentaire, soudé au câble principal, et le jour de l'inauguration du télégraphe sous-marin arriva enfin. Le 13 novembre, dans l'après-midi, au moment du départ pour Londres du duc de Wellington, le courant électrique parti de Calais mit le feu à l'un des canons du rempart de Douvres, et lança au loin dans la mer un boulet de 48. Vers cinq heures une correspondance instantanée et réciproque s'établit entre

les bureaux du ministère de l'intérieur à Paris et la station de Douvres ; elle dura plus d'une heure, et l'on célébra dans un banquet enthousiaste le succès accompli de cette gigantesque entreprise, succès dont la gloire revient sans doute à M. Jacob Brett, mais auquel le comte d'Orsay a grandement coopéré, et que la volonté forte de Louis-Napoléon Bonaparte a pu seule assurer.

Depuis le 15 novembre le télégraphe sous-marin fonctionne sans cesse et produit des résultats merveilleux ; c'est une révolution complète dans les relations commerciales et politiques de l'Angleterre et de la France. Le nombre des dépêches à transmettre est tel que les quatre fils actuels ne suffisent déjà plus au travail incessant du jour et de la nuit ; aussi s'occupe-t-on sérieusement de préparer trois nouveaux câbles. Le premier pas est fait, un pas de géant ; encore quelques années, et New-York, Calcutta, Pékin, seront aux portes de Paris et de Londres. Le négociant de ces deux grandes cités parlera à l'oreille de ses agents des Amériques, de la Chine et des Indes, comme il transmet aujourd'hui ses ordres à travers son tube acoustique d'un étage à l'autre de ses bureaux.

Un mot enfin sur une découverte récente qui se rattache à la télégraphie : MM. Statenham et Barton sont parvenus à enflammer la poudre à des distances quelconques, au moyen du courant transmis à travers leurs fils de cuivre revêtus de gutta-percha. Au sein d'une sorte de poire en gutta-percha ils placent un tube aussi en gutta-percha, mais vulcanisée, au centre duquel aboutissent sans se toucher deux fils de cuivre séparés par une amorce de poudre en communication avec celle que renferme la poire. Le premier de ces fils communique avec la terre ; le second doit communiquer avec le pôle positif d'une pile dont le pôle négatif est aussi en contact avec la terre. Au moment où le second fil touche le pôle le courant est établi ; la poudre s'enflamme et l'explosion a lieu. Nous croyons que cette inflammation est moins due au passage du courant voltaïque, qu'à l'électricité de tension qui se développe au sein des fils de gutta-percha parfaitement isolés. Quoi qu'il en soit, rien n'est plus facile maintenant que de produire des explosions à des distances incommensurables. Pour fêter le triomphe éclatant et providentiel remporté les 21 et 22 décembre par Louis-Napoléon Bonaparte, la reine d'Angleterre de son château de Windsor aurait très-bien pu mettre elle-même le feu au canon des Invalides ! ! !

# ERRATA.

Page 10, ligne 5 : *Héliographe*, lisez *Héliotrope*.
— 21, lignes 15, 17, 22 : $u'$, lisez $u$.
— 222, *fig.* 14, lisez *fig.* 13.
— 318, ligne 8 : *fig.* 12, lisez *fig.* 11 *ter*.
— 333, ligne 28 : P, lisez P′.
— 336, ligne 8 : $aa'$, lisez aa′.
— — ligne 23 : $p'ee'p$, lisez $pee'p'$; — $pee'bb'p'$, lisez $pebb'c'p'$.
— 371, ligne 1 : *fig.* 14, lisez *fig.* 15.
— — ligne 23 : *fig.* 15, lisez *fig.* 16.
— 376, ligne 2 : L, lisez L′.
— — ligne 7 : $F_2$, lisez $F_1$.
— — ligne 21 : $R_1$, lisez $R_2$; — $F_2$, lisez $F_4$.
— 378, ligne 35 : $r$, lisez $r_1$.
— 379, ligne 5 : $r$, lisez $r_1$.
— 380, ligne 21 : *C'est fig.* 8, lisez C, fig. 8, est.
— 384, ligne 8 : C, lisez $c$.
— — ligne 15 : $F_1$, lisez $F_2$.
— 394, lignes 20 et 21 : *fig.* 4, lisez *fig.* 3.
— 395, ligne 20 : B, lisez $B$.
— 397, ligne 19 : E, lisez $E'$.
— 402, ligne 22 : $c$, lisez $C$.
— 406, ligne 21 : $C$, lisez $c$.
— — ligne 22 : H, lisez $H$.
— — lignes 26 et 29 : K, lisez $K$.
— 421, ligne 30 : M′, lisez E.
— 422, ligne 22 : $v'_1$ $m'_1$, lisez $v'_2$ $m'_2$.
— 429, ligne 35 : $v_2$, lisez $v'_1$.
— 432, ligne 9 : B′, lisez $B_2$.
— 433, ligne 3 : $P_1$, lisez P′.
— 434, ligne 34 : $P_1$, lisez P′.
— 435, ligne dernière : $P_2$, lisez $P_1$.
— 441, ligne 18 : *fig.* 7, lisez *fig.* 6.
— 442, ligne 2 : E, lisez $E_1$.
— — ligne 22 : T, lisez $T_1$.
— — lignes 29 et 30 : $v_3$, lisez $v'_3$.
— 454, ligne 23 : TT *est*, lisez TT, *fig.* 7, *est*.
— 457, ligne 2 : C, lisez C′.
— — ligne 5 : $C'C''$, lisez $C''C'''$.
— 470, ligne 29 : $r_1$, lisez $r$.
— 475, ligne 12 : S, lisez V.
— 477, lignes 1, 3 et 9 : $R$, lisez $r$.
— — ligne 5 : *de plus grand diamètre*, lisez $R$ de plus grand diamètre.
— 479, ligne 3 : $r$, $s$, lisez R, S.
— — ligne 20 : $oo'$, lisez OO.
— 481, ligne 19 : C, lisez L.
— 482, ligne 26 : Z, P, lisez L, C
— 495, ligne 21 : $k$, lisez C.
— 500, Retranchez la ligne 3.

# TRAITÉ

DE

# TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

---

## PREMIÈRE PARTIE.

### DE LA TÉLÉGRAPHIE EN GÉNÉRAL ET DE LA TÉLÉGRAPHIE ANCIENNE DE JOUR ET DE NUIT.

### CHAPITRE PREMIER.

De la télégraphie en général et des divers agents télégraphiques.

---

Le mot *télégraphie*, pris dans l'acception la plus générale qu'il puisse recevoir, désignerait réellement l'ensemble des moyens par lesquels un être vivant quelconque se fait comprendre d'un autre : en ce sens il serait synonyme de *communication*. La télégraphie alors ne serait plus une invention humaine, mais un des dons les plus merveilleux de la création. Ce n'est pas à l'homme seulement, mais à tous les êtres vivants, qu'il est donné de transmettre aux autres leurs impressions, d'éveiller en eux des sensations et des sentiments sympathiques. La faculté de communication est le lien tout-puissant de la création animée, il unit chaque vie individuelle à celles qui l'entourent, en se modifiant de mille manières dans le passage d'un genre à l'autre.

Il n'est rien qui étonne davantage que l'immense variété des procédés mis en œuvre par la nature pour atteindre ce but essentiel de l'échange des idées et des sensations. Depuis les signes hiéroglyphiques et les cris non articulés du moindre des insectes, signes et cris insaisissables pour nous, jusqu'au langage humain si riche et si

étendu, nous voyons se multiplier et se perfectionner à l'infini les mécanismes par lesquels les êtres entrent en relation les uns avec les autres. Ce présent incomparable de la création a pris chez l'homme un admirable développement : il est tout à la fois représentation, parole, écriture : il se joue du temps et des distances, pénètre les profondeurs mêmes de l'existence, et va mettre les esprits en mouvement dans leur inaccessible empire.

De même que l'écriture fixe à jamais le son fugitif qui un moment a frappé l'oreille, et l'arrache, si l'on peut s'exprimer ainsi, au vol rapide du temps, il faut arriver aussi à se jouer de l'espace, anéantir en quelque sorte les distances, et faire que la pensée atteigne en un instant les lieux les plus éloignés. La Providence n'a pas mis immédiatement à notre disposition les moyens de communication rapide à distance, c'est à nous à les créer; et pour y parvenir il faut étudier avec soin les forces de la nature et les phénomènes que ces forces produisent, pour pouvoir les dominer et en faire les messagers de nos pensées. Tel est le but que se propose l'art de la télégraphie, en prenant ce mot dans sa signification usuelle.

Le problème qu'il s'agit de résoudre, c'est donc de transporter nos pensées et nos volontés à toutes les distances et avec la plus grande vitesse possible.

Si l'on faisait abstraction des distances trop grandes, la parole serait la plus complète solution du problème; et ce que la télégraphie exige, c'est une parole perfectionnée, c'est-à-dire qui se fasse entendre à toutes les distances. Ce sera bien évidemment dévier de la perfection que de substituer à la parole un langage écrit ou figuré, plus ou moins semblable à celui par lequel nous nous faisons comprendre des idiots et des muets : on n'aura atteint la perfection qu'autant qu'on aura conservé à la communication à distance cette propriété capitale de nous rendre attentifs malgré nous.

Au premier aspect le problème semble hérissé de difficultés insurmontables, car la parole a à sa disposition un très-grand nombre d'articulations ou de sons divers, et peut ainsi tout exprimer par un petit nombre de combinaisons. Comment l'imiter ? Presque tous les essais de télégraphie sont venus échouer contre cette difficulté.

Avant M. Gauss on s'efforçait toujours de se procurer un très-grand nombre de signes différents, sans songer que cette multiplicité de signes ne faisait réellement que compliquer le problème. On ne con-

sidérait pas qu'une communication rapide n'est pas possible seulement à l'aide de plusieurs signes, et qu'on peut atteindre le même but avec un seul signal, pourvu qu'il soit répété très-rapidement, et que ses reproductions soient groupées d'une manière convenable.

Pour mieux faire comprendre notre pensée, analysons l'écriture usuelle, en choisissant les lettres latines majuscules. Elles se composent de six traits différents, à savoir d'une ligne droite dans quatre positions différentes; horizontale, verticale, inclinée de la droite vers la gauche, ou de la gauche vers la droite et d'un demi-cercle, ouvert à droite ou à gauche. De ces six traits, quatre au plus entrent au maximum dans la formation de chaque lettre, dans M et W, par exemple. Si maintenant on cherche combien de lettres différentes on pourrait former avec ces six traits combinés au plus quatre à quatre, on verra par un calcul facile qu'on obtiendrait à peu près mille cinq cent cinquante-quatre lettres différentes; or avec vingt-cinq lettres seulement le problème de la communication des idées est complétement résolu.

Cet exemple montre aussi clairement qu'on aurait pu réduire avec avantage le grand nombre de traits employés à la formation des lettres dont se compose l'écriture ordinaire. Supposons maintenant que nous n'employons que deux traits, et voyons s'ils seront suffisants à produire une écriture parfaite. Ces traits peuvent être réduits à la plus extrême simplicité; ce seront, si l'on veut, *deux* points qui se distingueront l'un de l'autre par cette convention que le premier, par exemple, sera toujours placé à une plus grande hauteur. Si dans chaque lettre on n'admet qu'un point, les deux points ne donneront que deux lettres; si dans chaque lettre on admet un ou deux points, aux deux lettres obtenues s'en ajouteront quatre, et l'on aura en tout six lettres. Si *trois* était le maximum des points employés, on aurait huit nouvelles lettres, en tout quatorze. En portant enfin à quatre le maximum des points, on obtiendrait trente lettres différentes, c'est-à-dire autant presque qu'il en faudrait pour représenter les lettres de l'alphabet et les chiffres. Remarquons même qu'on pourrait au second point substituer le premier reproduit deux fois de suite à une très-petite distance. On voit donc qu'un seul trait, un seul point suffisent pleinement à la reproduction plus rapide de l'écriture, et que ce seul point par conséquent, bien employé, remplacerait surabondamment les deux traits dont se compose l'alphabet latin. Or ce qu'un point est par

rapport à l'écriture, un son l'est par rapport à la parole ; les répétitions et les combinaisons d'un seul son suffiraient donc aussi pour la formation d'une langue complète, intelligible par l'oreille.

Nous sommes maintenant en état de bien poser les conditions fondamentales que doit remplir un télégraphe si l'on veut qu'il soit le plus simple possible. Il devra n'employer qu'un signe, mais produit le plus promptement possible. Si l'on veut de plus que ce signe soit aussi parfait qu'il peut l'être, il devra être perçu par l'oreille.

Étudions maintenant la série des phénomènes ou des agents de la nature propres à transmettre ce signe dans toutes les conditions posées ci-dessus.

Ces agents sont au nombre de quatre : 1° le mouvement de translation ; 2° le son ; 3° la lumière et la chaleur rayonnante ; 4° l'électricité.

1° *Les mouvements de translation.* Les moyens de communication par translation les plus rapides, sont la poste et les chemins de fer. La plus grande vitesse de la poste est de quinze kilomètres par heure, deux cent cinquante mètres par minute, quatre mètres par seconde. On a obtenu par les chemins de fer des vitesses de cinquante kilomètres par heure, de huit cent trente-trois mètres par minute, de treize à quatorze mètres par seconde. La vitesse des projectiles est incomparablement plus grande, mais comment l'utiliser ?

M. Ador a pensé le premier qu'il serait possible d'appliquer à la télégraphie le mouvement rapide qu'on peut imprimer, par la pression, à un courant d'air enfermé dans un tube souterrain.

Supposons un tube métallique, cylindrique, alézé, placé sous le sol, de trois à quatre centimètres de diamètre intérieur, et de dix kilomètres de longueur ; supposons que ce tube est adapté par l'une de ses extrémités à un réservoir d'air condensé à trois atmosphères, d'une capacité égale à trois fois le cube de la colonne d'air contenue dans la totalité du tuyau de conduite, et librement ouvert à son extrémité opposée au réservoir ; supposons que la communication du tube et du réservoir s'établit à volonté par un robinet ; supposons qu'on enveloppe une dépêche écrite dans une sphère très-légère, du calibre du cylindre, et que cette sphère y étant placée, on ouvre la communication du réservoir et du tube conducteur : la sphère parcourra les dix kilomètres de distance avec une vitesse de trois cents mètres par seconde : elle arrivera à sa destination en un peu plus de trente-trois secondes.

Au lieu d'air comprimé, on pourrait employer le vide, en mettant par exemple le tuyau de conduite en communication à son extrémité avec un réservoir où le vide serait fait d'avance.

L'énormité du réservoir à air condensé ou à vide, qui ne devrait pas avoir moins de dix mètres cubes; la difficulté d'obtenir des tubes bien calibrés d'une longueur aussi considérable; la nécessité d'admettre des courbes; le temps et la force qu'il faudrait dépenser pour comprimer l'air ou faire le vide, rendent très-difficile l'exécution de ce mode de transport, qui serait le plus commode et le plus complet de tous.

2° *Le son.* — Si l'on veut transmettre des signaux à distance sans avoir besoin d'exciter à l'avance l'attention de celui qui les reçoit, on peut recourir à l'oreille, dont les impressions sont spontanées, se perçoivent à distance, et n'assujettissent pas l'observateur à rester constamment dans la même position. Mais, pour produire dans une seconde station des signaux perceptibles à l'oreille, il faut que la première soit munie d'un mécanisme ou moteur, qui puisse, par exemple, mettre une cloche en mouvement à une distance plus ou moins grande. Il n'est pas facile de mettre ainsi en jeu une force qui puisse à volonté agir dans un lieu plus ou moins éloigné; on peut toutefois résoudre ce problème de diverses manières.

L'emploi des courants électriques ou galvaniques pouvait seul faire atteindre le but cherché, et quoique dans la pratique l'application de ces agents entraînât avec elle des difficultés plus ou moins grandes, et des inconvénients comparables en apparence aux avantages qu'on en espérait, le problème est aujourd'hui résolu par la télégraphie électrique.

Le moyen de télégraphie acoustique le plus naturel est la propagation ordinaire du son à l'aide de porte-voix ou de tubes renforçants; mais l'utilité de ce mode de signaux n'est réelle qu'à de petites distances. Les sifflets de navire, les trompettes-signal, le cor à incendie, le tocsin, conviennent parfaitement à l'usage qu'on en attend, mais il ne faut pas même songer à les employer pour transmettre des signaux télégraphiques à de très-grandes distances: d'abord, parce que le son ainsi produit manque de l'intensité nécessaire; puis, parce que la vitesse de propagation du son, qui ne dépasse pas 330 mètres par seconde, est encore insuffisante. Il n'en serait pas ainsi du son propagé dans l'eau; ici la vitesse est quatre fois plus grande, comme l'ont prouvé M. Beudan à Marseille, MM. Colladon et Sturm à Genève; et des sons même faibles sont encore sensibles à la distance de plusieurs lieues. Les vi-

brations ainsi transmises n'affectent pas seulement l'oreille, elles peuvent encore agir comme vibrations moléculaires; elles pourraient produire à distance un mouvement, ce mouvement, renforcé et transmis par un mécanisme approprié, pourrait même produire un son nouveau dans le voisinage de l'observateur. On pourrait donc à la rigueur se servir de ce mode de télégraphie, et il aurait sur le procédé optique l'avantage de fonctionner en tout temps. Partout donc où l'on trouvera une étendue suffisante d'eau horizontale, on pourra à la rigueur transmettre ainsi des signaux.

3° *La lumière et la chaleur.* — La lumière est l'agent naturel qui transmet son action avec le plus de rapidité : par lui nos yeux, seuls ou armés de télescopes, aperçoivent distinctement à la plus grande distance le signal produit : sa vitesse, comme tout le monde le sait, est telle, qu'on ne saurait l'exprimer par la plus petite fraction de temps, même dans son trajet sur la ligne télégraphique la plus étendue.

Soit qu'on emploie les lumières artificielles pour transmettre les signaux pendant la nuit, soit qu'on utilise la lumière directe ou diffuse du soleil pour présenter aux yeux des corps opaques pendant le jour, il n'est besoin d'établir aucun conducteur spécial entre les stations : les signaux se transmettent de l'un à l'autre sans frais et avec la rapidité de la pensée ; ils y arrivent sous des formes aussi variées qu'on peut le désirer; leur sûreté n'est point compromise par un long conducteur qu'il serait presque impossible de défendre ; en un mot, la lumière offre toutes les garanties de simplicité, de rapidité, de variété, de sécurité et d'économie que la télégraphie peut espérer d'obtenir.

Il est vrai que les accidents atmosphériques, tels que les pluies, les brouillards et les ouragans, viennent parfois interrompre la succession des signaux, mais la nature prend soin de mettre fin elle-même et promptement à ces perturbations; tandis que pour le mouvement de translation, pour le son et pour l'électricité, il faudrait un temps plus ou moins considérable et des travaux coûteux pour rétablir des communications interrompues.

Ces avantages irrécusables de la lumière nous engagent à la mieux étudier sous le point de vue d'agent télégraphique.

La vue de l'homme, abandonnée à ses propres forces, n'a d'autres limites dans sa portée que l'intensité de la lumière qui lui est envoyée, et les dimensions de la surface des objets lumineux ou éclairés qui doivent l'impressionner. Quand l'atmosphère est pure, nous pouvons

facilement apercevoir une tour à dix lieues, une montagne à quinze et vingt lieues, à trente et quarante une chaîne de glaciers. Bouguer dit que le Chimborazo se voit encore à quarante-cinq lieues.

Soit que nous considérions, à la surface du sol, des objets éclairés par la lumière directe ou diffuse du soleil, soit que nous expérimentions sur les feux et les lumières artificielles pendant la nuit, nous reconnaîtrons toujours la vérité de cette loi, que la visibilité des objets lumineux ou éclairés est proportionnelle au produit de leur éclat par leur surface.

Chacun sait aussi que l'intensité de la lumière diminue proportionnellement au carré de la distance : de là cette conséquence absolue qu'un corps opaque d'un mètre carré, qui serait encore visible à un myriamètre de distance, devrait être quatre fois plus éclairé, ou présenter une surface de quatre mètres carrés, pour être également visible à la distance de deux myriamètres. De même, une flamme de lampe qui présenterait une surface de trois centimètres carrés et serait à peine apparente à cinq kilomètres, ne serait pas vue à la distance de dix kilomètres, si elle ne présentait une surface quadruple, ou si sa lumière, en conservant le même volume, n'avait pas quadruplé d'intensité.

Aux rayons du soleil, ou bien à la lumière diffuse, l'atmosphère présente un ton généralement blanc mélangé d'une teinte plus ou moins légère de bleu. Le soir, le matin, et le plus souvent dans tout le courant de la journée, lorsqu'on jette les yeux sur le ciel dans une direction rapprochée de l'horizon, la perception lumineuse dominante est toujours le blanc. C'est sur ce fond que doivent s'écrire les signaux télégraphiques. Quelle sera la couleur préférable pour écrire sur un pareil fond? Le noir l'emportera évidemment sur toutes les autres et donnera les caractères les plus distincts, comme le fait l'encre sur le papier. La visibilité, en effet, doit se mesurer par la différence entre la lumière de l'objet et la lumière du fond. Le télégraphe brillant et lumineux ne peut être bon que s'il se peint sur un fond noir ou bien au sein des ténèbres.

Cette observation conduit à plusieurs conséquences pratiques parmi lesquelles deux surtout sont de la plus haute importance dans la télégraphie : la première est que si l'on veut peindre les signaux le plus nettement possible, il faut donner au télégraphe un fond très-éclairé sur lequel les signaux doivent se détacher par contraste : il devient dès lors indispensable d'élever les télégraphes au-dessus de l'horizon, de

façon que leurs signaux aillent se projeter librement dans l'espace blanchâtre au-dessus de tout objet terrestre.

La seconde conséquence, c'est qu'il faut donner au télégraphe la teinte la plus noire et la plus mate possible, et faire en sorte qu'il la conserve dans toutes les positions du soleil par rapport à lui.

Observés à une grande distance, tous les corps se réduisent à deux couleurs: le blanc pour ceux qui sont directement frappés par les rayons du soleil, et le noir pour ceux qui sont placés dans l'ombre. Cette réduction de toutes les couleurs, vues à une grande distance, au blanc et au noir, n'est cependant pas absolument vraie. D'abord elle n'a lieu complétement qu'à la distance de quinze à vingt mille mètres. Plus rapprochées, quelques-unes, comme le rouge et le vert, peuvent se distinguer même à la lumière diffuse. Par une atmosphère très-limpide, à la distance de deux lieues, avec un télescope grossissant quarante fois, on distingue très-bien le blanc, le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu clair et le noir; mais les accidents atmosphériques éteignent facilement cette visibilité.

Dans la comparaison des verres colorés et des verres incolores, il se présente un fait de la plus grande importance. A quelque distance qu'on observe deux réverbères d'un égal foyer lumineux, dont l'un est garni de verres incolores et l'autre de verres colorés, il est impossible de les confondre. Que l'atmosphère soit brumeuse ou transparente, du moment qu'il est possible d'apercevoir les lumières, on les distingue immédiatement l'une de l'autre, l'œil le moins exercé les reconnaît et les signale à l'instant.

Relativement à la forme, aux contours et à la position de l'objet, l'expérience constate encore des faits de visibilité à distance qu'il importe de signaler. Un point noir sur un fond blanc se voit à une moindre distance qu'une ligne de même largeur que lui; et de deux lignes d'égale largeur, la plus longue se voit de plus loin que la plus courte. Deux lignes tracées l'une à côté de l'autre paraissent n'en faire qu'une si la distance entre elles n'est pas au moins plus grande d'un quart que la largeur de chaque ligne.

Plus le rayon visuel s'éloigne du sol, plus il est garanti des perturbations qui proviennent des brumes qui s'amassent près de terre, dans les vallées, le long des fleuves, et autour des forêts: la fumée des usines, celle des villages, l'atmosphère fuligineuse des villes l'atteignent moins facilement; enfin les ondulations produites dans l'atmo-

sphère par les différences de température et les phénomènes de mirage sont beaucoup moins sensibles à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère.

Dans de bonnes conditions une surface de six pieds carrés se verrait à l'œil nu à un myriamètre de distance; mais six pieds carrés c'est un objet immense. Avec des télescopes grossissant de trente à quarante fois, on augmente les chances de visibilité, et l'on peut diminuer dans une très-grande proportion la surface de l'objet montré.

Il est certain enfin qu'à surface et à distance égales, un corps lumineux se voit mieux la nuit qu'un corps opaque ne se voit le jour; aussi les anciens, qui ne connaissaient pas les télescopes, ont-ils dû préférer les lumières artificielles pour communiquer à distance, tandis que les modernes, munis de cet artifice qui permet de voir de loin pendant le jour, ont délaissé les signaux de nuit.

La forme ronde de la terre et la propagation rectiligne de la lumière limitent considérablement la distance à laquelle des signaux lumineux peuvent être transmis. Un télégraphe aussi, qui n'emploiera que des signaux lumineux, ne pourra les transmettre à une autre station qu'autant que l'attention du gardien aura été primitivement éveillée, qu'autant que la distance des deux stations ne dépassera pas un certain nombre de lieues, et que l'atmosphère sera convenablement transparente. Cependant, en dépit de tous ces obstacles, la découverte des télégraphes par les frères Chappe a été partout acceptée, et s'est étendue chaque jour davantage depuis 1793, époque à laquelle les premiers télégraphes furent établis en France. Il est remarquable que les perfectionnements apportés jusqu'ici à cette invention n'aient eu pour objet que des circonstances accessoires; et cependant quoique les défauts essentiels des télégraphes optiques ne puissent jamais être éliminés, il semble qu'il est possible de leur faire subir des améliorations importantes. Indiquons-en quelques-unes. Le premier but à atteindre est toujours de transmettre les signaux aussi rapidement que possible. On pourrait arriver par deux moyens à raccourcir le temps nécessaire à cette transmission : d'abord par l'usage d'abréviations télégraphiques, ce qui entraînerait l'introduction d'un grand nombre de signaux, alors que tous pourraient s'exprimer par un petit nombre seulement; puis, ce qui semble plus rationnel, par une plus grande promptitude dans la transmission de chaque signal. La mise en mouvement des grands leviers, dont l'emploi est et sera toujours nécessaire

pour rendre les signaux visibles à une grande distance, exige nécessairement un temps considérable: il faudrait donc arriver à se passer du mécanisme des télégraphes actuels. Il nous semble que la proposition faite par M. Gauss, après ses heureux essais de la transmission des signaux par l'héliographe, mérite d'être étudiée et pourrait être facilement mise en pratique. Il a démontré, en effet, qu'un miroir de quelques pouces carrés peut, à une distance de dix lieues et plus, projeter une lumière égale à celle d'une étoile de première grandeur, s'il est disposé de manière à renvoyer vers l'œil de l'observateur une portion de l'image du soleil. Dans le cas où le soleil ne brillerait pas, pendant la nuit ou par un temps couvert, on pourrait recourir à la lumière Drummond provenant du jet sur un morceau de chaux d'un mélange d'oxygène et d'hydrogène, ou mieux de la lumière électrique. Les signaux consisteraient dans une série d'éclairs obtenus en faisant tourner le miroir ou en le cachant. Cette disposition, dont il serait trop long d'exposer ici tous les détails, aurait l'avantage d'une production très-rapide des signaux. L'œil perçoit facilement dans une seconde six éclairs, qui, après s'être évanouis, laissent sur cet organe une impression semblable à celle de sons qui se succèdent rapidement. On pourrait donc transmettre ainsi trente signaux pendant le temps que l'on emploie à en transmettre un seul avec les télégraphes actuels. Dans ce cas aussi on n'aurait pas besoin de lunettes, et, ce qui est plus important encore, les observateurs placés aux stations verraient seuls les signaux.

*La chaleur.* — Un autre moyen pour produire, à de grandes distances, une impression momentanée sans conducteur artificiel est fourni par la chaleur rayonnante, laquelle agissant à l'aide d'un miroir convergent sur un thermo-multiplicateur, donne naissance à des courants galvaniques qui, à leur tour, produisent des déviations d'aiguilles aimantées. Les difficultés d'installation de semblables appareils sont grandes, sans doute, mais non pas insurmontables peut-être. Un semblable télégraphe aurait sur le télégraphe optique l'avantage de ne pas exiger la présence et l'attention constantes de l'observateur; mais les nuages et d'autres circonstances atmosphériques empêcheraient souvent son action, et c'est un défaut capital, qui, joint aux embarras qu'il entraîne, ne permettra jamais de lui donner la préférence, ni même probablement de l'essayer.

4° *L'électricité.* — Les agents naturels que nous avons considérés

jusqu'ici, les forces de translation, la lumière, la chaleur rayonnante, le son, jouissent de cette propriété commune qu'ils n'exigent aucune liaison particulière entre les diverses stations. L'air, l'eau, la terre, sont les conducteurs naturels de ces sortes de mouvements; ils se distinguent sous ce rapport des autres agents qu'il nous reste à étudier.

De nombreux essais faits déjà dans le siècle dernier, et que nous rappellerons, ne laissent aucun doute sur la possibilité d'obtenir, à des distances quelconques, des signaux télégraphiques à l'aide de l'électricité ordinaire ou de frottement : ce genre d'électricité a d'ailleurs sur toutes les autres, ainsi que M. Gauss l'a fait remarquer, l'avantage de ne rien perdre de sa force quand le conducteur devient de plus en plus long, parce que toute la charge de l'une des armatures de la bouteille de Leyde ira, dans tous les cas, quelle que soit la longueur et le diamètre du conducteur, se réunir à celle de la seconde armature.

Les expériences de M. Wheatstone ont prouvé que la vitesse de l'électricité ordinaire est de même ordre que celle de la lumière. En comparaison de cette vitesse, toutes les distances terrestres s'évanouissent, et le fluide électrique est réellement le conducteur instantané de nos pensées et de nos ordres. Le bruit qui accompagne partout l'apparition de l'étincelle électrique servirait, en agissant directement sur l'oreille, à rendre spontanément attentif, et remplirait la condition essentielle de toute bonne télégraphie. Avec une machine de dimensions suffisantes, on obtiendra assez de décharges pour que la transmission des dépêches soit suffisamment rapide. Il est beaucoup plus difficile de se mettre à l'abri des vibrations hygrométriques, et des autres influences atmosphériques qui amènent la déperdition de l'électricité; mais en étudiant attentivement la question sous toutes ses faces, on arriverait certainement à surmonter tous les obstacles.

Dans tous les cas, l'électricité voltaïque a de fait, comme nous le prouverons surabondamment, réalisé tout ce qu'on pouvait attendre de l'électricité ordinaire, et produit de véritables merveilles. Nous possédons désormais le plus rapide et le plus parfait des messagers, et les seuls doutes qui subsistent encore, c'est de savoir si nous lui confions nos pensées sous la forme la plus avantageuse, c'est-à-dire si les vocabulaires en usage dans les divers systèmes de télégraphie électrique sont convenablement assortis.

## CHAPITRE II.

Qualités nécessaires à un bon télégraphe optique. — Télégraphe Chappe. — Signaux, mécanisme, manœuvre.

La perfection de l'art télégraphique consisterait à transporter toutes les idées à la plus grande distance dans le seul temps que l'esprit met à les concevoir, et de les y transporter nettement et sans confusion. Le meilleur procédé télégraphique sera celui qui approchera davantage de cet idéal.

Pour juger un télégraphe, il faut tenir compte :

1° De la vitesse de l'agent physique ;

2° De la distance à laquelle son action se transmet, ce qui détermine le nombre des postes télégraphiques nécessaires d'un point à un autre ;

3° De son temps d'arrêt dans chaque station, ou du temps indispensable pour percevoir, écrire et transmettre chaque signal ; ce temps dépend à la fois de la simplicité, de la netteté, du mode d'interprétation du signal, et de la perfection du mécanisme à l'aide duquel on le produit.

4° Du nombre des signaux primitifs, d'où dépend la richesse du vocabulaire ;

5° De l'étendue de l'idée exprimée par chaque signal ;

6° Du temps de la conversion d'une dépêche en signaux ;

7° Du temps de la traduction des signaux en dépêche.

Ne considérons ici que le cas où l'agent télégraphique employé est la lumière.

Un bon télégraphe de jour devra toujours être placé au-dessus de l'horizon et assez élevé pour qu'aucun obstacle matériel ne puisse s'interposer entre lui et ceux qui doivent correspondre avec lui. Sa construction doit être très-solide, pour braver longtemps les intempéries et surtout les tempêtes. Tout en conservant les conditions nécessaires de visibilité, il doit offrir le moins de surface et de prise possible au vent. Il doit être assez léger pour qu'on puisse l'établir

sur des maisons, des tours, etc., qu'il soit facile à transporter, et enfin que ses manœuvres soient aisées et rapides.

Les surfaces des signaux doivent être peintes en noir et allongées plutôt que circulaires et carrées, parce que l'observation a prouvé que la visibilité à distance était plus nette avec la forme rectiligne.

Il est indispensable que les signaux puissent être donnés par un mécanisme enfermé dans un appartement ; et que le stationnaire puisse vérifier le signal qu'il donne, et, par conséquent, qu'un mécanisme intérieur lui donne sans cesse l'image actuelle du télégraphe extérieur. Il faut que, sans s'éloigner de son mécanisme, il puisse apercevoir les signaux qu'on lui transmet, vérifier l'exacte répétition des signaux qu'il transmet à son tour, et écrire ces signaux. Ces conditions sont remplies par le moyen de deux télescopes braqués sur les télégraphes voisins et d'un pupitre dressé avec tous ses accessoires. Il doit encore avoir devant les yeux une bonne montre pour marquer le temps des dépêches, des interruptions, etc.

Il importe, avant tout, que les signaux simples et primitifs soient assez nombreux, qu'ils se produisent avec une grande vitesse, avec le moins de mouvement et de force possible. Il faut qu'ils se présentent à la vue avec tant de netteté, sous des formes si simples en elles-mêmes, et en même temps si différentes les unes des autres, que toute confusion et toute hésitation soient impossibles ; il faut éloigner la nécessité d'une opération de l'esprit pour les comprendre, pour les écrire et pour les répéter, et trouver le moyen d'exprimer que le signal actuellement formé est bien celui qui doit être reproduit.

Enfin, les télégraphes doivent être placés à la distance moyenne d'un myriamètre : dans le voisinage des grandes villes, des lacs, des marais, au fond des vallées, sur les bords de la mer, près des usines donnant beaucoup de fumée, ils doivent être plus rapprochés ; et peuvent être plus éloignés dans des conditions meilleures.

Énumérer les nécessités d'un bon télégraphe, c'est énoncer les qualités éminentes que possède le télégraphe français dû au génie, à la persévérance, au dévouement de la famille Chappe, et qui laisse à une grande distance, sous le rapport de la perfection, tous ceux qu'on a essayé d'établir ou qu'on a établis après lui tant en France qu'en Europe.

Les trois frères Chappe, neveux du célèbre voyageur Chappe d'Auteroche, faisaient leurs études, l'un au séminaire d'Angers, les deux

autres dans un pensionnat situé à une demi-lieue de la ville. Claude, le séminariste, cherchant à adoucir cette pénible séparation, imagina pour correspondre avec ses frères le moyen suivant. Il plaça aux deux bouts d'une règle de bois deux espèces d'ailes qu'il faisait mouvoir à volonté, et dont il obtint 192 figures distinctement visibles par une lunette d'approche. Il eut l'idée de faire représenter des lettres et des mots par ces figures différentes; puis il donna avis de son invention à ses frères, qui en firent aussitôt usage dans l'intérêt de leur commune affection.

Ceci se passait peu avant la révolution de 1793. Lorsqu'elle arriva, et avec elle la guerre civile et étrangère, les frères Chappe pensèrent que la France pourrait tirer un grand parti de leurs signaux, s'ils étaient appliqués sur une vaste échelle aux rapports du gouvernement avec les villes de l'intérieur et de la frontière. Mus par un sentiment de patriotisme, ils s'appliquèrent à compléter l'œuvre qu'ils n'avaient fait qu'ébaucher, en s'aidant des travaux et des connaissances que leur parent, Léon Delaunay, ancien consul, avait acquises dans la langue chiffrée de la diplomatie. Quand ils eurent composé une langue télégraphique appropriée à leur instrument, ils présentèrent leur système à la Convention, qui ordonna qu'on en fît l'essai.

Les événements secondèrent ces inventeurs de la manière la plus heureuse, car leur télégraphe, qui serait peut-être resté à l'état de projet dans les cartons du ministère, comme le dit Claude Chappe lui-même, fut providentiellement inauguré par l'annonce d'une victoire. Voici la dépêche qu'il envoya de la frontière : « La reprise de Condé sur les Autrichiens. » A quoi la Convention répondit : « L'armée du Nord a bien mérité de la patrie. » Ces deux expéditions, échangées séance tenante, déterminèrent l'adoption définitive d'une invention merveilleuse pour l'époque.

MM. Chappe eurent donc la gloire de fonder la télégraphie en France, d'en diriger par eux-mêmes les premiers établissements, avec le concours du célèbre horloger Bréguet, et d'organiser cette administration générale, qui a rendu, dans le commencement surtout, de très-importants services. Quand on songe que, pendant une si longue suite de siècles, l'esprit humain avait échoué, malgré tous ses efforts, dans l'art des signaux, on se sent pénétré d'une estime et d'une reconnaissance profondes pour des inventeurs aussi utiles à la société.

Essayons de décrire les signaux, le mécanisme et la manœuvre du télégraphe de Chappe.

Le télégraphe proprement dit, ou la partie de la machine qui forme les signaux, se compose de trois pièces : une grande, appelée *régulateur*, et deux petites, appelées *indicateurs*.

Le régulateur AB, pl. I, fig. 1, est un rectangle allongé de treize pouces de largeur et de quatorze pieds de longueur sur une épaisseur de dix-huit lignes à deux pouces. A son centre et dans le sens de son épaisseur il est traversé par un axe, qui traverse lui-même un mât ou poteau vertical DD, vers son extrémité supérieure.

Le régulateur, ainsi placé de champ et élevé à plus de quatorze pieds au-dessus du toit TT, peut tourner librement sur son axe et décrire un cercle dont le plan est vertical : il pourrait donc donner autant de signaux qu'il pourrait dessiner de diamètres distincts; mais, pour éviter toute confusion, Chappe a réduit avec raison ses positions télégraphiques à quatre, jamais il n'en prend d'autres : la position verticale, la position horizontale, la position oblique à droite et la position oblique à gauche, inclinées l'une et l'autre de quarante-cinq degrés sur l'horizontale et sur la verticale. Il est impossible de trouver quatre positions mieux définies et plus distinctes; personne ne pourrait jamais les confondre. Elles sont représentées fig. 2, 3, 4 et 5.

Les deux indicateurs AC, BC, fig. 1, sont également deux rectangles allongés, de six pieds de longueur, de un pied de largeur et d'une épaisseur un peu moindre que le régulateur. Ils sont portés par les deux extrémités du régulateur, comme l'indique la figure.

Chaque indicateur porte à son extrémité A et B un axe qui traverse le régulateur au même point. L'extrémité CC est libre et mobile; chaque indicateur peut donc décrire un cercle dont le plan est parallèle au plan du cercle que peut décrire le régulateur. Ainsi tous les signaux se font dans un même plan, vertical et perpendiculaire aux rayons visuels.

Le régulateur, portant son axe de rotation à son centre de figure et de gravité, reste indifférent dans la position qu'on lui donne; mais les indicateurs, tournant autour d'un axe placé à l'un des bouts, laisseraient toujours retomber vers la terre leur extrémité libre : pour lutter contre cette tendance, on équilibre le poids de la branche visible de l'indicateur BC, AC, par une branche invisible à distance, AK, BK. Cette branche, d'abord formée de deux tiges de fer de sept

à huit lignes de diamètre, fixées à l'extrémité B et A des indicateurs, n'est bientôt plus formée que d'une seule tige par la réunion des deux sous un angle aigu. Vers son extrémité cette branche porte un contre-poids K en plomb, qui doit faire que l'indicateur soit parfaitement équilibré et tout à fait indifférent dans ses diverses positions autour de son axe. Il est bien entendu que les deux indicateurs doivent peser un poids égal et être fixés par leur axe à égale distance de l'axe du régulateur.

La distance du centre de rotation du régulateur au centre de rotation des indicateurs est de six pieds six pouces, celle du centre de rotation des indicateurs à leur extrémité mobile est de cinq pieds six pouces; il reste donc un intervalle de deux pieds entre l'extrémité libre des indicateurs quand ils sont repliés sur le régulateur.

Le régulateur et les indicateurs sont, comme des persiennes, composés d'un cadre étroit dont l'intervalle est rempli par des lames minces inclinées les unes sur les autres dans un même sens pour la moitié d'un même rayon, et en sens contraire pour la seconde moitié de chaque rayon. Il résulte de cette construction non-seulement une grande légèreté, mais encore une diminution notable dans les mauvais effets du vent et de la lumière.

L'assemblage des trois pièces ainsi constitué forme un système unique, élevé dans l'espace et soutenu par un seul point d'appui, l'axe de rotation du régulateur, lequel axe tourne à frottement à l'extrémité supérieure du mât qu'il traverse horizontalement. Ce mât ou poteau qui soutient le télégraphe doit être fort solide. Il peut être double; mais qu'il soit simple ou double, la surface qu'il présente au rayon visuel doit toujours être beaucoup moindre que la largeur du régulateur et des indicateurs afin d'éviter toute confusion : la ligne que présente cette surface allongée est néanmoins utile comme point de repère, puisqu'elle indique toujours la direction de la ligne verticale. Ce poteau est muni, dans toute sa hauteur, de tiges de fer implantées horizontalement en sens opposé, et qui forment une échelle qui permet de monter au télégraphe.

Le régulateur ne doit donc jamais occuper que quatre positions : la *verticale*, fig. 2, l'*horizontale*, fig. 3, l'*oblique de droite*, fig. 4, l'*oblique de gauche*, fig. 5, formant entre elles des angles de quarante-cinq degrés.

Supposons un instant le régulateur fixé à l'horizontale et portant

un seul indicateur à son extrémité droite, fig. 6. En faisant décrire un cercle à l'indicateur BE autour de son axe B, et en l'arrêtant de quarante-cinq degrés en quarante-cinq degrés, on lui donnera ainsi huit positions différentes par rapport au régulateur BA. Parmi ces huit positions, six sont angulaires, BL, BM, BN, BF, BE, BD; deux sont parallèles, BC, BO : cette dernière position a été supprimée comme n'étant pas suffisamment perçue, parce qu'elle est le prolongement du régulateur.

Les sept positions relatives de l'indicateur et du régulateur donnent ainsi sept signaux parfaitement distincts, rentrant tous dans l'estimation et la comparaison d'une verticale à une horizontale et à une oblique, et réciproquement, car, quelle que soit la position du régulateur, l'indicateur est toujours placé dans l'horizontale ou dans la verticale, dans l'oblique de droite ou dans l'oblique de gauche.

Parmi les sept signaux conservés, un, CB, se confond avec le régulateur et s'appelle zéro; deux, BL, BD, forment, avec le régulateur, un angle de quarante-cinq degrés; deux, BM, BE, un angle de quatre-vingt-dix degrés; deux, enfin, BN, BF, un angle de cent trente-cinq degrés; il fallait donc trouver un moyen simple de les distinguer. Dans la méthode adoptée pour la formation des signaux, l'indicateur, dans les positions BL, BM et BN, a toujours son extrémité libre tournée vers le ciel, et cette même extrémité est toujours tournée vers la terre dans les positions BF, BE et BD; on a tiré de là l'occasion d'ajouter, après la désignation de l'angle, le mot *ciel* s'il est en haut, le mot *terre* s'il est en bas.

D'un autre côté, dire : quarante-cinq degrés ciel, quatre-vingt-dix degrés ciel, cent trente-cinq degrés ciel ou terre, serait beaucoup trop long; on a donc ainsi dénommé ces différents signaux : zéro, cinq ciel, dix ciel, quinze ciel, quinze terre, dix terre, cinq terre, et on les écrit comme l'indique la figure 7.

Ainsi le régulateur étant fixé dans une quelconque des quatre positions qu'il peut prendre, un seul indicateur placé à l'extrémité droite donne avec lui sept signaux. Il est évident que l'indicateur placé à l'extrémité gauche et considéré seul en donnerait précisément autant. Les signaux se nomment de même, seulement ils s'écrivent en mettant l'indicateur à gauche, comme on le voit dans la figure 8.

Maintenant, si nous considérons les signaux qui peuvent résulter de la combinaison des sept signaux d'un indicateur avec les sept si-

gnaux de l'autre, nous verrons que, si l'on met au zéro l'un des indicateurs et qu'on fasse passer l'autre par ses sept positions, nous obtiendrons d'abord le double zéro horizontal, ou mieux le *fermé horizontal*, puis zéro cinq ciel, zéro dix ciel, zéro quinze ciel, zéro quinze terre, zéro dix terre, et zéro cinq terre, fig. 8. En élevant et maintenant à cinq ciel un des indicateurs, nous aurons cinq ciel zéro, deux cinq ciel, cinq et dix ciel, cinq et quinze ciel, cinq ciel — quinze terre, cinq ciel — dix terre, cinq ciel — quinze terre, fig. 9, ce ce qui fait sept autres signaux : en élevant et maintenant à dix ciel un des indicateurs, on obtient sept nouveaux signaux, et ainsi de suite, jusqu'à ce que les sept signaux d'un indicateur aient multiplié les sept signaux de l'autre, ce qui donne en tout quarante-neuf signaux pour une seule position du régulateur. Mais le régulateur prend quatre positions différentes, ce qui donne quatre différentes valeurs aux quarante-neuf signaux, et élève à cent quatre-vingt-seize le nombre total des signaux fournis par le télégraphe Chappe. Ces signaux sont clairs, simples, faciles à dénommer, faciles à écrire ; il est impossible de commettre une erreur de vision, de désignation ni de dessin. Mais une difficulté grave se présentait ici : au milieu des mouvements du télégraphe pour former un signal, comment désigner aux postes voisins que le signal actuellement formé est bon? par quel signe indiquer qu'il est temps de le répéter et de l'écrire?

Les frères Chappe ont décidé qu'aucun signal ne serait formé sur le régulateur horizontal ni perpendiculaire; que tous les signaux seraient formés sur l'oblique de droite et sur l'oblique de gauche : ils ont encore décidé qu'aucun signal n'aurait de valeur et ne devrait par conséquent être écrit et répété qu'après qu'étant formé sur une des deux obliques, il serait transporté tout formé, soit à l'horizontale, soit à la verticale.

De cette façon, le stationnaire qui voit former le signal sur l'oblique de droite ou de gauche, le remarque, pour se préparer à le répéter, mais il ne l'écrit point : aussitôt qu'il le voit porter à l'horizontale ou à la verticale, il est sûr qu'il est bon, et alors il l'écrit et le répète. On appelle cette manœuvre *assurer* un signal, *porter* un signal. Dès lors aussi chaque signal, formé sur chaque oblique, prend une valeur double, puisqu'il peut être porté à l'horizontale ou à la verticale ; donc quarante-neuf signaux peuvent recevoir quatre-vingt-dix-huit significations, en partant de l'oblique de droite pour être affichés horizonta-

lement ou verticalement, et de même pour l'oblique de gauche, en tout cent quatre-vingt-seize signaux.

Néanmoins, les signaux des deux obliques ne seraient pas reconnaissables si les signaux de l'oblique de droite n'avaient pas une destination différente des signaux de l'oblique de gauche; car les uns et les autres se portant à l'horizontale et à la verticale, comme ils sont de tous points semblables, ils ne représenteraient tous, en réalité, que quatre-vingt-dix-huit signaux, à moins de noter d'où ils sont primitivement partis.

Or les nécessités de la télégraphie exigent précisément qu'une grande partie des signaux soit consacrée au règlement et à la police des lignes télégraphiques, l'autre partie étant exclusivement réservée à la composition des dépêches. Ces deux espèces de signaux doivent être fort distincts sur le télégraphe, et ne peuvent pas non plus être écrits confusément et dans le même lieu du procès-verbal. On a donc consacré à la partie réglementaire des télégraphes les signaux formés sur une oblique, et à la correspondance ceux qui sont formés sur l'autre : et l'on a ainsi obtenu quatre-vingt-seize signaux réglementaires et quatre-vingt-dix-huit signaux de dépêches qui s'écrivent tous à l'horizontale et à la verticale, mais séparément et sur des points différents marqués à l'avance sur le papier. Les signaux prennent leur nom lorsqu'ils sont formés à l'oblique; la figure 10 indique leur forme et leur nom et il importe de remarquer que la désignation d'un signal doit toujours commencer par l'extrémité supérieure du régulateur. Jamais les signaux ne s'écrivent comme ils sont indiqués dans le tableau figure 10, mais toujours à l'horizontale, comme dans la figure 11, ou à la verticale, comme dans le tableau figure 12. Le stationnaire les écrit comme il les voit lorsqu'il a la certitude qu'ils sont parfaits.

Il reste à expliquer le mécanisme qui fait prendre au régulateur et aux indicateurs toutes les positions relatives qui constituent les signaux.

L'axe $aa'a''$, fig. 13, qui commande le régulateur, est mis en rotation par une poulie $p$ fixe à son extrémité $a$ opposée à celle $a''$ qui porte le régulateur : cette poulie, de seize à dix-huit pouces de diamètre, présente deux gorges profondes : au-dessous de cette poulie, dans l'intérieur du poste, à environ trois pieds au-dessus du sol, en est une autre pareille $q$ également à deux gorges : cette seconde poulie $q$ est fixe aussi à l'extrémité $b$ d'un axe $bb'b''$, qui traverse ho-

rizontalement le prolongement intérieur du poteau DD′ (figures 1 et 13), pour recevoir sur un carré $b''$ un double levier $ll$, qui sert à le mettre en rotation ainsi que la poulie fixée à son autre extrémité : ce levier, ou double manivelle droite, a trois pieds six pouces environ de longueur, et il est terminé par deux poignées en bois revenant à angle droit, $ln$, $ln$. Supposons maintenant que ce levier, qui figure un diamètre et décrit un cercle dont le plan est parallèle à celui du cercle décrit par le régulateur ; supposons, disons-nous, que ce levier soit fixé d'abord parallèlement au régulateur, et que dans ce moment on transmette à la poulie $p$ le mouvement de rotation qu'il imprimera à la poulie $q$, au moyen de deux cordes de laiton bien tendues, dont l'une passe à droite des deux poulies dans une de leurs deux gorges, et l'autre à gauche dans leur seconde gorge : supposons que les extrémités libres de ces deux cordes soient fixées au fond de leurs gorges respectives, après avoir entouré la poulie d'en haut et d'en bas d'au moins une demi-circonférence ; il est évident que le mouvement que décrira le levier $ll$ sera transmis par l'axe $bb'b''$ à la poulie $q$ qui le trnasmettra exactement par les deux cordes $cc'c''$ à la poulie $p$ : que celle-ci le transmettra par l'axe $aa'a''$ au régulateur RR et à toutes les parties qu'il porte, et que le régulateur suivra ainsi les mouvements du levier $ll$ et demeurera avec lui dans un parallélisme parfait. Il est évident aussi que le levier et le régulateur pourront décrire au moins un cercle, puisque les cordes s'enroulent sur chaque poulie au moins d'une demi-circonférence à chaque extrémité.

Pour remplacer facilement les cordes et pour leur donner facilement aussi la tension convenable, que la fatigue de la manœuvre leur fait souvent perdre, on les remplace dans leur milieu, qui n'est jamais appelé à s'enrouler sur les poulies, par des tringles en fer, à vis, qui s'allongent et se raccourcissent à volonté. Ces tringles sont terminées, en haut et en bas, par des crochets qui tiennent les cordes par une simple boucle. L'extrémité des cordes qui répond aux poulies traverse le fond de la gorge par un trou ménagé à cet effet, et vient s'accrocher à un rayon de la poulie, qui se raccourcit et s'allonge également au moyen d'une vis. Par ce système fort simple, un stationnaire change lui-même et rapidement les cordes ou les tringles, il les allonge ou les raccourcit à volonté : les tringles ou les cordes traversent le toit du poste par des conduits disposés de façon que le frottement soit aussi faible que possible.

Pour communiquer le mouvement aux indicateurs, le mécanisme est le même, seulement il est un peu plus compliqué, parce que d'abord les cordes doivent former deux coudes de renvoi, l'un des extrémités du levier $ll$ à son axe $b''$, l'autre de l'axe du régulateur $a''$ à ses extrémités RR. En second lieu, le mouvement de rotation doit être transmis à deux cercles différents et indépendants. Considérons d'abord la transmission du mouvement à un seul indicateur.

L'indicateur II est commandé par un axe $i'i''$ qui commande aussi la poulie à deux gorges $m$ : cette poulie est reliée à la poulie $o'$ par deux cordes métalliques qui rendent tous leurs mouvements dépendants et identiques : la poulie $o'$ ne forme qu'une seule et même pièce avec la poulie $o$ : ces deux poulies sont unies par un axe creux traversé par l'axe du régulateur $aa'a''$ autour duquel il tourne librement : la poulie $o$, et par conséquent la poulie $o'$, reçoit tous ses mouvements de la poulie $u$, qui les reçoit de la poulie $u'$, à laquelle elle est fixée par un axe creux qui tourne sur l'axe $bb'b''$ du levier : la poulie $u'$ reçoit ses mouvements de la poulie $r$ : cette dernière poulie est commandée par un axe qui traverse le levier $ll$ dans lequel il tourne : l'extrémité $l''$ de cet axe est fixée à un levier, formant rayon $l''n''$ : ce levier, ou manivelle, ou main, en décrivant un cercle, fait décrire un cercle dans le même sens à la poulie $r$, qui le fait décrire de même à la poulie $u'$, laquelle entraîne la poulie $u$ dans sa rotation : cette rotation est transmise à la poulie $o$, qui la fait partager à la poulie $o'$, et celle-ci fait tourner la poulie $m$, qui fait décrire un cercle complet au régulateur II dans le même sens que la main $l''n''$ l'a fait. En faisant décrire à cette main un cercle en sens contraire, on voit facilement que l'indicateur le décrira de même. Suivons maintenant la transmission du mouvement au second indicateur.

En faisant tourner la main $l'n'$, on fait tourner la poulie $r'$, qui fait tourner la poulie $u'''$ : cette poulie forme une seule pièce avec la poulie $u''$ sa voisine, et toutes deux tournent, par un axe creux commun, autour de l'axe creux commun aux deux poulies $u$ et $u'$. La poulie $u''$ transmet le mouvement à la poulie $o''$, unie par un axe creux à sa voisine $o'''$ : cet axe creux tourne aussi autour de l'axe creux commun aux poulies $o'$ et $o$ : la poulie $o'''$ met en rotation la poulie $m'$, qui fait décrire à l'indicateur I'I' le même mouvement qu'a exécuté la main $l'n'$.

Si nous remarquons maintenant que le grand levier $ll$ fait décrire

au régulateur des mouvements semblables aux siens, et qu'il entraîne dans ses mouvements les rayons $l'n'$, $l''n''$, sans changer les rapports établis entre eux et lui, que les indicateurs ne peuvent changer de rapport avec le régulateur que par le changement de rapport des rayons susdits au grand levier, on comprendra facilement :

1° Que les rayons $l'n'$, $l''n''$ faisant des angles quelconques avec le diamètre $ll$, les indicateurs II, I'I' feront les mêmes angles avec le régulateur RR ;

2° Que, quel que soit le diamètre horizontal, vertical, oblique à droite, oblique à gauche, où l'on porte le levier $ll$, le régulateur prendra les mêmes positions, et comme ce mouvement ne change rien à la valeur des angles formés par $l'n'$, $l''n''$ avec $ll$, les indicateurs demeureront également invariables dans leurs angles avec le régulateur.

Ainsi le mécanisme intérieur donne l'image exacte et constante du mécanisme extérieur, et les signaux sont toujours reproduits avec précision sous les yeux de celui qui les donne.

Pour que les angles des indicateurs et du régulateur soient invariablement fixés, les mains $l'n'$, $l''n''$, sont munies d'un ressort et d'une dent. Ce ressort est destiné à faire entrer la dent $t$ dans les crans d'un cercle diviseur $d$, en acier. Les divisions sont au nombre de sept, de quarante-cinq degrés chacune. L'axe du grand levier porte également un diviseur présentant huit crans; mais tandis que les diviseurs des deux mains sont fixes, par rapport à l'axe qui les traverse, celui-ci est fixé sur l'axe et tourne avec lui; quand on veut maintenir le régulateur, soit à cause d'un grand vent, soit pour un temps d'arrêt, on fait entrer dans un des crans une espèce de verrou fixé au poteau, et ce verrou arrête tout mouvement du régulateur. Quant aux indicateurs, comme ils doivent toujours rester immobiles quand on fait mouvoir le régulateur après que le signal est formé, le ressort dont il a été question tient toujours la dent de la main fixée dans le cran du diviseur où elle a été placée; en sorte que le manipulateur est obligé, quand il veut changer la position d'un indicateur, de tirer à lui la main pour dégager la dent, et de la laisser libre lorsque la dent est arrivée vis-à-vis le nouveau cran où elle doit être fixée.

Le mécanisme du télégraphe Chappe est une merveille de simplicité et de précision; il remplit toutes les conditions de rapidité, de netteté et de variété dans les signaux.

Admettons que le télégraphe est au repos dans la position représentée dans la figure 13, position qui s'appelle le *fermé vertical*, et que le stationnaire entre dans le poste avec le jour. Il commence par appliquer alternativement son œil à un des télescopes, puis à l'autre, pour voir si l'un des deux postes qui l'avoisinent ne donne pas de signaux. Dans l'intervalle, il range sur son pupitre sa plume, son encre et ses feuilles de procès-verbaux.

Aussitôt qu'il voit l'un des deux télégraphes entrer en mouvement, il ôte le verrou qui retient le grand axe et porte une main sur la poignée supérieure de la grande manivelle, puis il regarde le signal qu'on a formé.

Si le régulateur doit être porté à l'oblique de droite ou de gauche, ce qui est indispensable, il pousse l'extrémité supérieure de la manivelle à droite ou à gauche, tandis qu'il aide cette action en poussant en sens contraire l'extrémité inférieure avec la jambe; en même temps il porte la main libre sur la petite manivelle inférieure $l'n'$ pour commencer à développer l'indicateur; le régulateur une fois en mouvement, il abandonne la poignée supérieure $ln$ pour saisir la poignée $l''n''$ et développer le second indicateur; puis, le signal formé, il l'arrête bien dans l'oblique qui lui convient. Il regarde alors au télescope qui répond au télégraphe d'où est parti le signal, pour voir si le signal est porté à l'horizontale ou à la verticale. S'il est porté, c'est qu'il était bon. Il l'écrit alors tel qu'il le voit, horizontal ou vertical, à la case des signaux réglementaires s'il a été formé sur l'oblique qui leur est affectée, à la case des signaux de correspondance s'il a été formé sur l'autre oblique; il écrit l'heure et la minute auxquelles le travail a commencé; enfin il porte son signal et regarde si le télégraphe auquel il communique la dépêche le répète et le porte exactement. S'il est sûr que le signal est bien compris et reproduit, il retourne au premier télescope, répète le signal qu'il voit sur l'oblique, attend qu'il soit porté pour l'écrire, le porte à son tour, vérifie le télégraphe suivant, et la manœuvre se continue ainsi indéfiniment.

La plus grande vitesse qu'on puisse atteindre dans le passage des signaux, sans compromettre leur certitude, est de trois signaux par minute, d'où il suit que vingt secondes au moins sont indispensables pour exécuter tous les temps d'un signal, pour l'écrire et le vérifier. Mais tous les signaux ne demandent pas ce temps : aussi on a distingué des demi-signaux. Ces demi-signaux sont au nombre de quatre : le

double zéro ou fermé vertical, le fermé ou double zéro horizontal, le fermé à l'oblique de droite, le fermé à l'oblique de gauche. Ils sont tous quatre formés sur place ; il s'agit seulement de plier les deux indicateurs. Ces demi-signaux sont fort utiles, parce qu'ils servent à distinguer les groupes de signaux, et qu'étant fréquemment nécessaires, ils perdent moins de temps qu'un signal exécuté en plusieurs temps et en plusieurs mouvements.

Les mouvements du régulateur sont si faciles, lorsque la machine est bonne et qu'il ne fait pas de vent, que, dans la plupart des cas, le stationnaire peut, en saisissant les deux mains pour développer les indicateurs, amener dans le même temps le régulateur à la position qu'il doit occuper, ce qui abrége la manœuvre.

La manœuvre complète d'un télégraphe se compose ainsi :

1° Observer le signal qu'on forme à l'oblique, 2° le former, 3° observer s'il est porté à l'horizontale ou la verticale, 4° le porter de même, 5° l'écrire, 6° vérifier si le télégraphe suivant a reproduit exactement le signal. Ces six temps doivent se balancer dans leur durée ; s'il en était autrement, un télégraphe serait mal observé par les deux télégraphes avec lesquels il correspond. On remédie d'ailleurs à l'inégalité des forces et de l'agilité en prescrivant de ne jamais changer un signal porté avant que le télégraphe auquel on le communique l'ait également porté.

Dans l'hypothèse du passage de trois signaux par minute, les différents temps doivent à peu près être ainsi partagés : observer 4″ — former à l'oblique 4″ — observer le porté et porter 4″ — écrire 4″ — vérifier 4″. — Total, 20″.

Il s'en faut de beaucoup que cette vitesse de trois signaux par minute soit constante ; on ne peut y compter que dans les plus beaux jours, avec les stationnaires les mieux exercés, les mieux disposés et les plus fidèles.

Chappe dit, il est vrai, que, quand le temps est beau et que les brouillards ou les titillations de l'atmosphère ne sont pas un obstacle à la visibilité, le premier signal de la correspondance ne doit mettre que dix à douze minutes pour arriver de Paris à Toulon, villes éloignées de deux cent quinze lieues et réunies par une ligne télégraphique de cent vingt télégraphes ; mais il ajoute que si l'on suppose une correspondance suivie et directe de Paris à Toulon, il n'arrive communément à Toulon qu'un signal par minute.

En résumé : le télégraphe Chappe donne quatre-vingt-dix-huit signaux primitifs pour la correspondance, et quatre-vingt-dix-huit signaux primitifs réglementaires et indicatifs. Ces deux ordres de signaux, quoique les mêmes, ne peuvent être confondus, parce qu'ils se forment, l'un sur l'oblique de gauche, l'autre sur l'oblique de droite, et qu'ils s'écrivent, l'un à la colonne réglementaire, l'autre à la colonne de correspondance. Ces signaux peuvent se succéder avec la vitesse de trois par minutes ; ils forment des figures simples à observer, simples à écrire, sans opération de l'esprit : la machine est solide, légère et élégante ; un homme d'une médiocre intelligence suffit à tous les besoins de la correspondance.

Pour faire ressortir l'immense supériorité du télégraphe Chappe sur tous les télégraphes qui ont été proposés ou établis momentanément, soit avant, soit après lui, il suffirait de les décrire et d'analyser leurs ressources ; on verrait qu'aucun d'eux, si ce n'est le télégraphe suédois, consciencieusement étudié par Edelcrantz son inventeur, n'a pu servir ni la science ni l'art télégraphique. En France même, lorsqu'on avait sous les yeux le plus parfait modèle, les essais tentés jusqu'à ce jour n'ont été que des détériorations manifestes du télégraphe Chappe : un seul de ces essais existe encore aujourd'hui. Le nouveau télégraphe a pour premier et inévitable résultat de diminuer d'un tiers juste la vitesse du passage des signaux : en analysant sa manœuvre, il est facile de prévoir ce résultat, mais il est plus facile encore de s'en convaincre en se plaçant de façon à bien voir les tours de Saint-Sulpice. Sur l'une de ces tours est le télégraphe Chappe ; sur l'autre est le télégraphe arrangé par M. Flocon, troisième administrateur des télégraphes : il suffit d'observer la manœuvre de l'un et de l'autre successivement pendant une heure, et de compter exactement le nombre des signaux ; on verra que le télégraphe Chappe donne précisément trois signaux pendant que l'autre en donne deux. Un second inconvénient de ce télégraphe, c'est qu'il introduit, de toute nécessité, le raisonnement et par conséquent l'erreur possible dans la conception et l'écriture des signaux ; ainsi le régulateur est porté sur un mât vertical, et les indicateurs attachés aux extrémités d'une barre horizontale fixe : tous les signaux sont donc donnés horizontaux ; il faut considérer à part le régulateur pour savoir si l'on entend qu'ils soient attribués à l'oblique de droite ou à l'oblique de gauche, s'il faut les écrire verticaux ou horizontaux : s'ils doivent

être écrits à la verticale, il faut alors faire abstraction de ce qu'on voit, et dresser la figure dans sa tête pour la dessiner.

Le télégraphe modifié par M. Flocon présente néanmoins un avantage, c'est d'être moins difficile à manœuvrer par les grands vents.

Mais ce n'est point par de nouvelles machines, non plus que par des retranchements ou des additions à la machine si parfaite des Chappe, qu'on peut faire progresser la télégraphie.

Trouver les moyens de multiplier le nombre des signaux primitifs; combiner ces signaux de façon à exprimer par le moins de mouvements et le moins de temps possible la plus grande quantité possible de nombres; renfermer sous ces nombres le plus d'idées que faire se pourra ; doubler le temps des correspondances en continuant pendant la nuit les signaux de jour : telle est aujourd'hui la véritable, la seule voie de progrès pour la télégraphie.

On peut, dès à présent, dit M. Jules Guyot auquel nous avons emprunté cette description du télégraphe Chappe, sans rien changer à la netteté et à la certitude des signaux, sans rien changer au mécanisme qui les produit, en doubler le nombre; on peut porter à quatre-vingt-deux mille neuf cent quarante-quatre les mots, membres de phrase ou phrases exprimés par deux signaux en quatre, en cinq et en six mouvements. On peut établir la télégraphie Chappe de nuit comme elle est établie de jour; ainsi les richesses de l'art télégraphique sont loin d'être épuisées.

Disons un mot seulement des télégraphes prussien et anglais, et du télégraphe de M. Gonon.

TÉLÉGRAPHE PRUSSIEN, planche I, fig. 14. — Les télégraphes n'ont été admis en Prusse qu'en 1832, époque à laquelle le gouvernement consacra une somme de 170,000 thalers pour l'établissement d'une ligne télégraphique entre Berlin et Trèves, en passant par Potsdam, Magdebourg, Cologne et Coblentz. Le mécanisme des appareils diffère essentiellement de celui des télégraphes Chappe. Un mât vertical M traverse la plate-forme de la station, et s'élève à une hauteur de vingt pieds. Le mât porte trois paires ou couples d'ailes A, A mobiles autour de leurs extrémités, longues de 4 pieds et larges d'un pied un quart. Chaque aile est fixée à une poulie sur laquelle s'enroule une corde; cette corde est dans le cabinet du gardien, et s'enroule sur une seconde poulie munie d'une manivelle. La rotation de la manivelle fait décrire à chaque aile une demi-circon-

férence; mais on n'utilise que quatre de ces positions, celles où l'aile forme avec la verticale des angles de 0°, 45°, 90°, 135°. Pendant que l'une des ailes supérieures conserve la même position, la seconde aile peut prendre quatre positions différentes, de sorte qu'une seule paire d'ailes fournit 16 signaux : un de ces signaux étant donné, la seconde paire d'ailes ou les deux ailes moyennes peuvent à leur tour prendre 16 positions relatives différentes, et, par conséquent, les deux premières ailes donnent ensemble 16×16 ou 256 signaux; ce produit, multiplié par les 16 signaux de la troisième paire, donne un total de 4096 : tel est donc le nombre de signaux disponibles dans le télégraphe prussien.

TÉLÉGRAPHE ANGLAIS, planche I, fig. 15. — Il consiste en un châssis quadrangulaire, dans lequel six plaques ou panneaux octogonaux tournent autour d'un axe horizontal. Ces six panneaux sont partagés en deux groupes formés chacun de trois plaques superposées verticalement. Un mécanisme simple formé de poulies et de manivelles permet de faire apparaître chaque panneau tantôt de face suivant toute sa largeur, tantôt par la tranche; et puisque chaque panneau prend ainsi deux positions différentes, leur ensemble donnera 64 signaux très-distincts.

TÉLÉGRAPHE GONON. — Il est composé de deux colonnes, dont l'une a 33 pieds de hauteur et l'autre 28; à chacune de ces deux colonnes sont adaptées deux flèches mobiles. La distance de 9 pieds qui existe entre ces quatre flèches d'une colonne à l'autre se trouve remplie par six croisées qui doivent simplement s'ouvrir et se fermer. Quatre cadrans à manivelle, correspondant aux quatre flèches, et six touches correspondant aux six croisées forment le mécanisme à l'aide duquel le gardien peut, de sa maisonnette, faire mouvoir les flèches, fermer et ouvrir les croisées, et former 40,960 signaux qui suffisent à M. Gonon pour tous les besoins d'une correspondance générale. En ajoutant des feux fixes à ses croisées, et des feux mobiles à ses flèches, M. Gonon peut, dit-il, après quelques minutes de préparation, faire fonctionner son télégraphe comme télégraphe de nuit : les signaux restent exactement les mêmes.

## CHAPITRE III.

Application des signaux à l'expression de la pensée. — Langue télégraphique.

Les signaux télégraphiques peuvent reproduire la pensée de plusieurs façons, savoir : 1° en représentant des phrases convenues à l'avance sur une éventualité prévue ; 2° en représentant des lettres qui serviront à former des mots, et, par conséquent, à communiquer toutes les idées possibles ; 3° en exprimant des chiffres qui représenteront des lettres, des mots et des phrases convenus à l'avance et consignés dans un double vocabulaire, l'un pour celui qui traduit les idées en signaux, l'autre pour celui qui traduit les signaux en idées.

La première méthode pourrait s'appeler hiéroglyphique : c'est la plus pauvre des trois et en même temps la plus simple ; c'est aussi celle à laquelle ont à peu près exclusivement eu recours les anciens. Mais si cette méthode est tout à fait impuissante pour annoncer les faits et les pensées imprévus, elle a l'avantage d'exprimer par un seul signe une idée complète et de l'exprimer avec la plus grande vitesse possible. Aussi les frères Chappe n'ont-ils pas manqué de l'adopter pour leurs signaux réglementaires et indicatifs.

Ces signaux, au nombre de quatre-vingt-douze primitifs, formés à l'oblique de gauche, expriment l'urgence, la grande activité, la simple activité, la destination de la dépêche, la fin des dépêches, les congés d'une demi-heure, d'une heure, que l'administration donne sur la ligne, l'erreur commise dans un signal, l'absence ou le retard d'un stationnaire, le brouillard, la pluie, le mirage, les bris des télégraphes par le vent, le feu, etc. ; en un mot, tous les cas prévus qui doivent être connus de l'administration, ou tous ceux qu'elle veut faire connaître à tous les postes d'une ligne ou à chaque poste en particulier. Quatre-vingt-douze des signaux primitifs, soit seuls, soit combinés, suffisent à toutes les éventualités et forment un langage connu de tous les employés.

La seconde méthode, appelée alphabétique, paraîtrait plus large et plus commode au premier coup d'œil que la méthode hiéroglyphique :

mais si l'on réfléchit qu'il faut au moins un signal pour exprimer chaque lettre, on reconnaîtra bientôt qu'on passerait un temps infini à former quelques mots, et le temps est, en télégraphie, l'élément qu'il faut le plus ménager.

La troisième méthode est appelée numérique, et c'est la plus féconde et la plus complète. En effet, si les signes représentent des nombres, on peut les combiner et les multiplier comme les nombres eux-mêmes; on peut les appliquer à des lettres, à des mots et à des phrases toutes préparées, de façon à exprimer beaucoup de choses par peu de signes. C'est encore aux frères Chappe qu'on doit le système de numération télégraphique le plus parfait.

Ils ont consacré quatre-vingt-douze des signes primitifs, formés à l'oblique de droite, à l'expression des quatre-vingt-douze nombres depuis un jusqu'à quatre-vingt-douze; puis ils ont fait un vocabulaire de quatre-vingt-douze pages renfermant chacune quatre vingt-douze mots; ils sont convenus que le premier signal donné par le télégraphe indiquerait la page du vocabulaire, et que le second signal indiquerait le numéro de la page répondant au mot de la dépêche; de cette façon, ils peuvent exprimer, par deux signaux, huit mille quatre cent soixante-quatre mots.

Plus les signaux primitifs sont nombreux, plus on peut, en les combinant deux à deux, exprimer de mots ou de phrases. Un télégraphe qui n'aurait que vingt signaux primitifs ne pourrait fournir que vingt pages de vingt mots, quatre cents mots en tout pour deux signaux; en les combinant jusqu'à trois, il donnerait à la vérité huit mille mots, mais la vitesse de transmission serait retardée d'un tiers; et la vitesse de transmission des idées par le télégraphe est proportionnelle au carré du nombre de ses signaux primitifs. Il ne faudrait pas croire pour cela que plus un télégraphe aurait de signaux primitifs plus il serait parfait et plus il transmettrait rapidement les dépêches : toute complication retarde la manœuvre, et, par conséquent, la formation du signal : tout signal compliqué demande de l'attention, de la réflexion, du jugement et du temps pour être compris, pour être reproduit et pour être écrit. La simplicité des signaux, leur netteté, leur certitude, la simplicité de leur formation et de leur écriture passent avant la nécessité de leur nombre; or, nous ne craignons pas de le répéter trop, aucun autre télégraphe que le télégraphe Chappe n'a concilié et ne conciliera toutes ces nécessités avec le nom-

bre de signaux primitifs nécessaire à une riche et rapide correspondance télégraphique.

Le vocabulaire dont nous avons parlé s'appelle le vocabulaire des mots : les huit mille quatre cent soixante-quatre mots qu'il renferme seraient insuffisants pour exprimer toutes les pensées et annoncer tous les cas imprévus. D'un autre côté, on peut abréger encore le temps des correspondances en préparant à l'avance des phrases ou des membres de phrase dont le fréquent usage peut faire prévoir l'emploi dans la correspondance. Les frères Chappe ont donc fait un second vocabulaire appelé vocabulaire phrasique, formé également de quatre-vingt-douze pages contenant chacune quatre-vingt-douze phrases ou membres de phrase, ce qui fait huit mille quatre cent soixante-quatre autres portions d'idées reproduites. Ces phrases s'appliquent particulièrement à la marine et à la guerre : mais dans ce cas il faut un signe pour indiquer le vocabulaire phrasique, un autre pour la page et un troisième pour le numéro de la page.

Enfin on a dû créer un troisième vocabulaire appelé géographique, contenant les noms de lieux et quelques phrases habituellement employées dans les correspondances. Ce vocabulaire est également composé de huit mille quatre cent soixante-quatre numéros qui s'expriment par trois signaux et demi.

Ce système de numération, tout simple qu'il paraît, n'avait point été employé ni proposé avant les Chappe, c'est encore à leur génie que nous le devons.

Depuis 1830, l'administration actuelle des télégraphes a fait refaire un vocabulaire plus étendu et plus complet que les trois vocabulaires des Chappe ; mais elle en a trouvé les bases toutes préparées par Chappe l'aîné, qui avait composé un dictionnaire contenant soixante et un mille neuf cent cinquante-deux mots.

Il est certain que les trois dictionnaires séparés présentent une complication nuisible, et rien n'est plus facile que de les réunir en un seul et d'en étendre les ressources bien au delà de celles qu'ils peuvent offrir, tout en abrégeant le nombre et la durée des signaux.

« Sans m'arrêter, dit M. Guyot, aux différentes combinaisons qui peuvent amener à jouir de ces avantages, je fixerai l'attention sur la plus simple et la plus riche de toutes celles que j'ai trouvées.

» On sait que le télégraphe Chappe donne quarante-neuf signaux primitifs formés sur l'oblique de correspondance, l'oblique de droite,

je suppose : on sait que ces signaux n'ont pas de valeur tant qu'ils restent à l'oblique, mais qu'ils en prennent une quand ils sont portés à la verticale et une autre quand ils sont portés à l'horizontale, ce qui forme quatre-vingt-dix-huit signaux primitifs. Sur ces quatre-vingt-dix-huit-signaux, quatre-vingt-seize sont toujours formés en deux temps et deux mouvements, deux sont formés sur place en un temps et un mouvement et sont appelés demi-signaux : ce sont le fermé horizontal et le fermé vertical ; je les retranche pour m'en servir, comme on verra plus bas, et je donne une valeur pareille au fermé à l'oblique de droite. J'ai donc ainsi quatre-vingt-seize signaux et trois demi-signaux.

» Ces quatre-vingt-seize signaux représenteront les nombres depuis un jusqu'à quatre-vingt-seize : ils sont simples, et s'exécutent en deux temps et deux mouvements. Je forme une seconde série de quatre-vingt-seize signaux, distincts des premiers en ce qu'ils sont suivis d'un fermé horizontal ou vertical, suivant qu'ils sont portés horizontaux ou verticaux : ces quatre-vingt-seize signaux expriment tous les nombres depuis quatre-vingt-dix-sept jusqu'à cent quatre-vingt-douze ; ils se forment en trois temps et trois mouvements, et égalent un signal et demi. Enfin, j'ajoute à ces cent quatre-vingt-douze signaux une troisième série de quatre-vingt-seize, distincts des seconds en ce qu'ils ne sont suivis ni d'un fermé horizontal ni d'un fermé vertical, et distincts des premiers en ce qu'ils sont suivis d'un fermé à l'oblique de droite. Ces signaux, qui représentent aussi un signal et demi, s'exécutent en trois temps et trois mouvements, et expriment tous les nombres depuis cent quatre-vingt-treize jusqu'à deux cent quatre-vingt-huit. J'ai, de cette façon, deux cent quatre-vingt-huit signaux primitifs, dont quatre-vingt-seize sont simples et cent quatre-vingt-douze égaux chacun à un signal et demi.

» Je puis donc former un vocabulaire de deux cent quatre-vingt-huit pages contenant chacune deux cent quatre-vingt-huit mots, avec la simple convention que les signaux seront toujours considérés par groupes de deux avec ou sans fermé, le fermé appartenant toujours au signal qui le précède ; et que le premier signal indiquera le numéro de la page et le second le numéro du mot ou de la phrase.

» Ce vocabulaire renferme quatre-vingt-deux mille neuf cent quarante-quatre phrases, mots, lettres et chiffres, tous exprimés par deux signaux parfaitement nets, qui se forment tous à l'oblique de droite,

et laissent à l'autre oblique et à ses signaux toute leur indépendance et toute leur simplicité.

» Ces quatre-vingt-deux mille neuf cent quarante-quatre numéros sont partagés, par rapport au temps et au mouvement, ainsi qu'il suit :

» Neuf mille deux cent seize numéros exprimés par deux signaux;

» Dix-huit mille quatre cent trente-deux exprimés par deux signaux et demi;

» Cinquante-cinq mille deux cent quatre-vingt-seize exprimés par trois signaux.

» Aucun vocabulaire ne présente la richesse et la simplicité de celui-ci. Il réduit à la formule générale de deux signaux toutes les expressions; car si j'ai dit ci-dessus que dix-huit mille quatre cent trente-deux numéros s'exprimaient par deux signaux et demi, c'est qu'ils s'expriment par un signal en deux temps et deux mouvements, et par un autre en trois temps et trois mouvements : j'appelle signal simple celui qui n'est pas accompagné d'un fermé; mais le signal accompagné de son fermé n'est également qu'un signal. Cette considération n'est pas indifférente, comme on pourrait le croire; car, une fois qu'il est convenu qu'un signal suivi d'un fermé ne compte que pour un signal, on pourra convenir que tous les signaux se grouperont toujours deux à deux dans une dépêche, sans qu'il soit besoin d'intercaler aucun signe qui annonce la division des groupes. C'est une grande économie de temps et de mouvements que la suppression des signes intermédiaires.

» L'adoption d'un pareil vocabulaire abrégerait toujours de plus d'un tiers, et souvent de plus de la moitié, le temps de la transmission des dépêches; il permet de prévoir les pensées sous un si grand nombre de formes qu'un seul signal serait toujours prêt à exprimer plusieurs mots et plusieurs phrases d'une part; et d'autre part il donne en quatre et en cinq temps plus de nombres que les autres vocabulaires n'en expriment en quatre, en six et en sept temps; il donne en outre cinquante-cinq mille deux cent quatre-vingt-seize nombres en six temps. Sur l'oblique de gauche on aurait, par le même procédé, deux cent quatre-vingt-huit signaux indicatifs et réglementaires.

» Mais ce n'est pas tout que d'exprimer quatre-vingt-deux mille neuf cent quarante-quatre nombres correspondant à autant de mots

et de phrases, il faut encore un grand esprit d'observation et de méthode pour choisir et grouper les mots, composer et classer les phrases de façon qu'elles se conviennent le plus souvent entre elles, qu'elles se trouvent facilement par celui qui forme la dépêche et par celui qui la traduit. Il ne faudrait rien moins pour élever à la perfection un pareil ouvrage qu'un homme profondément instruit, généralisateur et classificateur en même temps; un homme unissant la méthode scientifique à la connaissance intime et philosophique du mécanisme de la langue. Les Chappe réunis possédaient la plus grande partie des qualités nécessaires, mais la vie d'une famille ne suffit pas toujours à fonder et à mener à perfection de si vastes entreprises. En effet, quatre des cinq frères Chappe sont déjà morts à la peine, et pourtant l'esprit de cette famille plane encore sur les télégraphes et peut encore présider à leurs progrès.

» M. Abraham Chappe vient de publier, au Mans, une nouvelle édition de l'Histoire de la télégraphie, par Chappe l'aîné.

» Dans cet ouvrage, il annonce que, dans sa retraite, il a trouvé moyen d'abréger d'un tiers le temps de la transmission des dépêches sans rien changer à la machine et sans qu'il en coûte rien au gouvernement; il dit qu'il est prêt à faire hommage de son perfectionnement, et propose de l'établir gratuitement.

» Il se plaint amèrement de ce que deux lettres sur cet objet, envoyées par lui à M. le ministre de l'intérieur et renvoyées à l'administration des télégraphes, sont demeurées sans réponse; ce silence à l'égard d'un homme, dernier représentant d'une famille illustre, est un fait grave. Les Chappe ont honoré la France, et doivent être honorés par tout le monde, mais plus encore par l'administration qui leur doit son existence. »

Nous remplirons, il nous semble, un devoir de justice, et nous mériterons bien de la télégraphie, en insérant, en partie du moins, le mémoire lithographié d'Abraham Chappe, qui a été distribué à un très-petit nombre d'exemplaires :

« Dans mon nouveau système de numération et de combinaison de signaux, tous les signaux de correspondance officielle sont donnés à l'horizontale, fig. 16, 1°. Les indicateurs seuls seront mis en mouvement pendant toute la dépêche. Chaque indicateur en décrivant son cercle s'arrêtera, comme par le passé, aux six positions marquées 2°, cinq, dix, quinze ciel, cinq, dix et quinze terre.

Chaque angle, fig. 16, 1°, d'un indicateur indique un chiffre simple, et chaque angle correspondant de l'indicateur opposé indique le même chiffre ; les fermés seuls ne représentent rien.

En fermant l'indicateur de gauche et ouvrant successivement l'indicateur de droite, sous ses six angles, j'aurai dans le même ordre les nombres 1, 2, 3, 4, 5 et 6 par les signaux, fig. 16, 2°. En développant les deux indicateurs à la fois, j'obtiendrai les trente-six combinaisons suivantes de deux chiffres chacune, fig. 16, 3°. Les nombres donnés par ces trente-six combinaisons sont : 11, 21, 31, 41, 51, 61, — 12, 22, 32, 42, 52, 62, — 13, 23, 33, 43, 53, 63, — 14, 24, 34, 44, 54, 64, — 15, 25, 35, 45, 55, 65, — 16, 26, 36, 46, 56 et 66.

Si donc je fais précéder chacun de ces trente-six développements doubles par un développement simple de droite, j'aurai le nombre 111 avec le signal 1 et le signal 11. Si je fais précéder ce même signal 11 par le signal simple 2, j'aurai 211 ; j'aurais de même 311, 411, 511 et 611, en le faisant précéder des développements 3, 4, 5 et 6 de l'indicateur de droite. Il en serait de même pour les trente-cinq autres signaux à double développement. Donc, par un signal à développement simple de l'indicateur de droite, suivi d'un développement double, nous obtenons six fois trente-six ou deux cent seize séries.

En effet, la première division de ma nouvelle numération se compose de deux cent seize séries exprimées toutes par un développement simple, suivi d'un développement double ; et le développement simple est toujours donné par l'indicateur de droite, ce qui fait trois mouvements des indicateurs.

Si maintenant ces deux cent seize séries de la première division servaient à indiquer deux cent seize pages d'un vocabulaire, et, que répétées, elles indiquassent deux cent seize séries dans chaque page, il en résulterait quarante-six mille six cent cinquante-six combinaisons de quatre signaux chacune : un à simple développement, un à double, un à simple, un à double.

En effet, ma deuxième division comprend quarante-six mille six cent cinquante-six séries, toutes exprimées par quatre signaux : un simple, un double, un simple, un double. Seulement le premier développement simple est donné par l'indicateur de gauche, au lieu d'être donné par l'indicateur de droite, comme dans la première division. Le second développement simple est également donné par l'indicateur de gauche.

Ma troisième division comprend, comme la deuxième, quarante-six mille six cent cinquante-six séries, toutes exprimées par quatre signaux, un simple, un double, un simple, un double. Seulement le premier développement simple est donné par l'indicateur de gauche au lieu d'être donné par l'indicateur de droite, comme dans la première division. Le second développement simple est également donné par l'indicateur de gauche.

Ma troisième division comprend, comme la deuxième, quarante-six mille six cent cinquante-six séries qui s'expriment toutes également par quatre signaux, un simple, un double, un simple, un double. Le premier développement est donné, comme pour la deuxième division, par l'indicateur de gauche, mais le second développement simple est donné par l'indicateur de droite: ce qui fait six mouvements des indicateurs.

Ainsi, dans les trois divisions, un développement simple est toujours suivi d'un développement double. Cette allure est simple pour la composition et la traduction des dépêches, elle est plus importante encore en ce qu'elle assure chaque signal. Ainsi lorsque le stationnaire a reçu le signal simple, il attend toujours un double, et son correspondant ne doit lui donner le double que lorsque le simple a été bien pris et réciproquement.

Toute série qui commence par un développement simple de l'indicateur droit sera complétée par un développement double : c'est la première division.

Toute série qui commence par un développement simple de l'indicateur gauche aura quatre développements pour être complète, un simple à gauche, un double, un simple à gauche, un double : c'est la deuxième division.

Toute série qui commence par un développement simple de l'indicateur gauche et qui, après le développement double, donne le deuxième développement simple, par l'indicateur de droite, n'est également complète qu'après quatre développements : c'est la troisième division.

La deuxième et la troisième division composées chacune d'un même nombre de séries ne forment qu'un même vocabulaire, et sont disposées aux mêmes pages sur deux colonnes en regard. Elles donnent ensemble quatre-vingt-treize mille trois cent douze séries qui, jointes aux deux cent seize de la première division, forment un total de quatre-vingt-treize mille cinq cent vingt-huit.

La première division qui comprend les lettres, les chiffres, les monosyllabes et les syllabes qui se répètent le plus souvent dans le discours est extrêmement importante ; aussi le chiffre de deux cent seize qu'elle atteint dans la nouvelle numération, tandis qu'il n'est que de quatre-vingt-quatorze dans l'ancienne, est-il un avantage immense.

Dans ces trois divisions nous n'avons à apprécier que les mouvements des indicateurs, le régulateur restant toujours immobile. Ces mouvements sont au nombre de trois dans la première et de six dans les deux autres : la moyenne est de cinq mouvements d'indicateur. La force employée est donc égale à cinq pour exprimer chaque série ; elle est de neuf dans le télégraphe horizontal et de 13.80 dans le télégraphe primitif : à ne considérer que la force dépensée, la vitesse serait 13.80 pour le nouveau système, neuf pour la modification horizontale et cinq pour le télégraphe primitif.

Pour rendre les rapports plus sensibles entre les forces dépensées par chacun des trois systèmes, j'exprimerai par quinze celle absorbée par le télégraphe primitif, par dix celle dépensée par le télégraphe horizontal et par cinq celle appliquée au télégraphe Chappe comme je propose de l'employer. Les vitesses seront en raison inverse des forces, soit quinze pour mon nouveau système, dix pour le système horizontal et cinq pour le système primitif.

Mais les avantages de la nouvelle combinaison ne se bornent pas à une vitesse triple du système primitif, et double du système horizontal. Les séries sont au nombre de quatre-vingt-treize mille cinq cent vingt-huit, soit cinquante-huit mille cent quatre-vingt-dix de plus que le vocabulaire actuel n'en contient ; deux cent seize sont exprimées par deux développements seulement, un simple et un double, et ces deux cent seize sont les plus fréquemment employées. Les quatre-vingt-treize mille trois cent douze autres sont toutes exprimées par quatre développements seulement, un simple, un double, un simple, un double ; elles ne forment que deux divisions en regard dans les mêmes pages : il y a donc là une ressource immense pour la rapidité de la composition et de la traduction des dépêches.

Ce n'est pas tout encore, le stationnaire regarde une fois dans la lunette pour recevoir un signal et une fois pour le donner : soit quatre observations pour la première division, qui compte seulement deux signaux par série, et huit pour les deux autres, moyenne six obser-

vations deux tiers ; ce qui donne un avantage de quatre dixièmes sur le temps des observations dans les séries du système actuel.

Enfin, dans la tachigraphie, le nouveau système offrirait encore une économie de près d'un quart. Tous les signaux s'écrivant horizontalement, le trait du régulateur serait imprimé à l'avance sur les feuilles des procès-verbaux, et les stationnaires n'auraient qu'à marquer le trait des indicateurs. Outre l'économie de temps, il résulterait de cette disposition une grande régularité dans l'écriture et une netteté parfaite.

En résumant les avantages mathématiques du nouveau système de signaux et de numération, on voit qu'il présente cinquante-huit mille cent quatre-vingt-dix séries de plus que le vocabulaire actuel, tout en réduisant ses divisions à trois : qu'il ne demande pour produire un même effet qu'une force de cinq, tandis que le télégraphe horizontal en emploie une de neuf, et le télégraphe primitif une de 13.80 ; que sa vitesse est presque triple de celle du dernier, et presque double de celle du second, qu'il gagne un tiers sur le nombre des observations aux lunettes, et près d'un quart en tachigraphie.

Ces mêmes avantages il les apporte dans les signaux réglementaires et dans les correspondances des employés supérieurs de l'administration ; toutes mes dispositions sont prises à cet égard : elles sont claires, rapides et sûres, chaque signal a un sens complet et convenu à l'avance. »

Quand on veut transmettre par le télégraphe électrique les signaux de Chappe, de manière à conserver les vocabulaires de l'administration, et que l'on s'impose l'obligation de transmettre ces signaux par des séries de sons ou de points, ou par des nombres, on rencontre certaines difficultés que M. Dujardin de Lille a parfaitement surmontées. Nous le laisserons exposer lui-même sa méthode et la supériorité de sa méthode sur celle adoptée par M. Foy.

« Le régulateur, comme on l'a vu, prend quatre positions que l'on appelle, en prenant la ligne de l'horizon pour terme de comparaison, perpendiculaire, horizontale, oblique de droite, oblique de gauche.

» Mais, de ces quatre positions, nous devons en retrancher deux, les deux obliques, parce qu'elles ne servent qu'à préparer les signaux. Pendant que les signaux sont à l'oblique, comme on dit, les employés, surtout ceux qui n'ont pas encore une très-grande habitude du service, peuvent tâtonner ; ils peuvent modifier et changer les positions des indicateurs. Les signaux ne sont finis que lorsque le régulateur

prend la position perpendiculaire ou horizontale. Les signaux des dépêches se préparent tous sur l'oblique de droite. L'oblique de gauche sert à préparer les signaux des inspecteurs, et ceux qui sont à l'usage particulier des employés. Si les employés devaient reproduire les signaux d'emblée, sans préparation, il arriverait souvent que les dépêches seraient altérées par un grand nombre de fautes qui les rendraient inintelligibles.

» Ainsi, 1° les indicateurs prennent chacun sept positions différentes, d'où résultent quarante-neuf combinaisons; 2° le régulateur prend deux positions différentes, ce qui double le nombre des combinaisons résultant du jeu des indicateurs, et donne un total de quatre-vingt-dix-huit signaux.

» Jetons un coup d'œil sur la nomenclature de Chappe.

» Le régulateur étant à l'oblique, c'est-à-dire dans une position préparatoire, les sept positions des indicateurs, en allant d'une extrémité de leur course à l'autre, prennent les noms suivants: 15 ciel, 10 ciel, 5 ciel, zéro; 5 terre, 10 terre, 15 terre. Ces noms, qui sont déjà passablement longs, ne sont pourtant que les abréviations des noms suivants: angle de 135 degrés, dont l'ouverture est dirigée vers le *ciel;* angle de 90 degrés, id.; angle de 45 degrés, id.; angle nul; angle de 45 degrés, dont l'ouverture est dirigée vers la *terre;* angle de 90 degrés, id.; angle de 135 degrés, id.

» Les deux positions du régulateur conservent les noms de perpendiculaire et horizontale.

» Voici l'ordre suivant lequel sont invariablement désignés, dans les noms des signaux, les trois éléments qui les composent: on désigne d'abord la position du premier indicateur, puis la position du second indicateur, et enfin la position du régulateur. Citons quelques exemples : 15 *ciel* 5 *terre horizontal*, 10 *ciel* 10 *terre perpendiculaire*, *zéro* 5 *ciel perpendiculaire*, 15 *terre zéro horizontal*, et ainsi des autres.

» Telle est la nomenclature créée par Chappe, et qui est encore adoptée de nos jours.

» Cette nomenclature est-elle à l'abri de tout reproche? Nous ne le pensons pas. Car, indépendamment de la bizarrerie du langage, ne peut-on pas reprocher, avec quelque raison, à Chappe d'avoir laissé à ses signaux des noms beaucoup trop longs? 15 *ciel* 15 *terre perpendiculaire*, n'est-ce pas, en effet, interminable?

» Voici la nouvelle nomenclature que nous proposons de substituer à celle de Chappe, pour les besoins de la télégraphie électrique.

» Nous désignons les sept positions de chacun des indicateurs, dans l'ordre de succession où nous les avons énumérées précédemment, c'est-à-dire les 15 ciel, 10 ciel, 5 ciel, zéro; 5 terre, 10 terre, 15 terre, par les nombres ordinaux : *première*, *seconde*, *troisième*, *quatrième*, *cinquième*, *sixième*, *septième*, et par abréviation *un*, *deux*, *trois*, *quatre*, *cinq*, *six*, *sept*.

» La position perpendiculaire du régulateur s'appelle *première* position, et par abréviation *un ;* la position horizontale du régulateur s'appelle *seconde* position, et par abréviation *deux*.

» Ces dénominations, simples, claires et concises, ne sont-elles pas préférables à celles de Chappe? Nous allons présenter quelques exemples de synonymie, d'après les deux nomenclatures, afin que le lecteur puisse décider la question : 5 *terre*, 15 *ciel horizontal*, synonyme *cinq un deux ;* 10 *ciel zéro perpendiculaire*, synonyme *deux quatre un ;* 10 *terre* 15 *terre perpendiculaire*, synonyme *six sept un; zéro* 15 *ciel horizontal*, synonyme *quatre un deux*.

» Il est facile de concevoir maintenant comment le télégraphe électro-acoustique peut servir à transmettre les signaux de la télégraphie aérienne. En effet, nous venons de voir que les signaux de la télégraphie aérienne ont des noms propres qui les distinguent les uns des autres, et que chacun de ces noms est composé de trois nombres abstraits, dont le plus élevé est sept. Par conséquent, tout appareil télégraphique qui permet de grouper facilement des unités, pour former des nombres, quelle que soit d'ailleurs la nature de ces unités, permet de représenter les signaux de la télégraphie aérienne. Or, le télégraphe électro-acoustique permet de grouper très-facilement des sons pour former des nombres ; il est donc évident qu'on peut l'employer pour représenter les signaux de la télégraphie aérienne. Le télégraphe aérien *montre* à l'employé qui l'observe des signaux graphiques que celui-ci ne peut fixer dans sa mémoire qu'en les appelant par leurs noms, c'est-à-dire en les traduisant en *nombres et mots*. Le télégraphe électro-acoustique *fait entendre* à l'employé qui l'écoute les nombres qui composent les noms de ces signaux. Les résultats de ces deux méthodes sont évidemment identiques.

» Une dépêche, écrite en signaux graphiques de Chappe, étant donnée, voici comment on peut la transmettre au moyen du télégraphe électro-acoustique.

» Contrairement à l'ordre adopté par Chappe, nous désignerons les trois éléments qui composent les signaux dans l'ordre suivant : 1° position du régulateur ; 2° position du premier indicateur ; 3° position du second indicateur.

» L'employé chargé de transmettre la dépêche, après avoir tinté pour appeler l'attention de son correspondant, lui indique, au moyen de trois groupes de sons : 1° la position du régulateur du premier signal ; 2° la position du premier indicateur ; 3° la position du second indicateur, et le signal est fini. Il répète cette triple opération pour tous les autres signaux de la dépêche.

» L'employé chargé de recevoir la dépêche, après avoir entendu le premier groupe de sons, trace, sur le registre des signaux, une ligne droite verticale ou horizontale, selon qu'il a entendu un ou deux sons. Cette ligne représente le régulateur. L'employé place alors le bec de sa plume au-dessus de l'extrémité supérieure ou gauche de cette première ligne, et, après l'audition du second groupe de sons, il trace une seconde ligne formant avec la première un angle déterminé par le nombre d'unités du second groupe ; il place alors le bec de sa plume au-dessus de l'extrémité inférieure ou droite de la première ligne, et, après l'audition du troisième groupe de sons, il trace une troisième ligne formant avec la première un angle déterminé par le nombre d'unités du troisième groupe, et le signal est fini. Il procède de la même manière pour écrire tous les autres signaux de la dépêche.

» On voit, par ce qui précède, que notre télégraphe électro-acoustique, qui est d'ailleurs beaucoup plus simple et plus commode que celui qui fonctionne sur la ligne de Rouen, permet de conserver les signaux et le vocabulaire de la télégraphie aérienne, et que, par conséquent, il satisfait pleinement aux conditions exigées par M. Foy, administrateur en chef des lignes télégraphiques.

» Examinons maintenant jusqu'à quel point le télégraphe électrique, qui a été adopté pour la ligne de Rouen, satisfait à ces conditions.

» Cet appareil, dont l'idée première appartient à M. Foy, et qui a été construit par M. Breguet, consiste en une petite caisse fermée qui contient deux électro-aimants et des rouages d'horlogerie, et sur l'une

des faces de laquelle on voit un petit télégraphe qui représente assez bien, en apparence, le télégraphe aérien, mais qui, au fond, en diffère essentiellement. En effet, le télégraphe aérien se compose, comme nous l'avons dit, de *trois pièces mobiles*, le régulateur et les deux indicateurs. Du jeu des indicateurs, qui prennent chacun sept positions diverses aux extrémités du régulateur, résultent quarante-neuf combinaisons graphiques, qui peuvent être vues sous deux aspects tout différents, suivant que le régulateur est vertical ou horizontal. De là deux fois quarante-neuf ou quatre-vingt-dix-huit signaux dans la télégraphie aérienne. Le télégraphe électrique de MM. Foy et Breguet ne possède que *deux pièces mobiles*, les indicateurs. Le régulateur, qui n'existe que pour la forme, est *fixe* dans la position horizontale, au lieu d'être mobile autour de son centre. Ce régulateur ne peut donc pas servir, comme le régulateur du télégraphe aérien, à doubler le nombre des combinaisons qui résultent du jeu des indicateurs. Le télégraphe électrique de M. Foy reproduit très-bien les quarante-neuf signaux du télégraphe aérien, dans lesquels le régulateur est horizontal ; mais il ne peut reproduire un seul des quarante-neuf autres signaux dans lesquels le régulateur est vertical.

» Cet appareil, que les personnes peu versées dans l'art de la télégraphie peuvent trouver parfaitement conforme au télégraphe aérien, mais qui en diffère à ce point qu'il ne peut reproduire que la moitié de ses signaux, permet-il de conserver le vocabulaire de la télégraphie aérienne? Personne n'oserait l'affirmer. Quelle que soit la signification des quarante-neuf signaux qu'il ne reproduit pas, il est évident que leur suppression a dû nécessairement rendre impossible l'usage de ce vocabulaire. Ainsi, le principal motif que M. Foy a fait valoir en faveur de l'adoption de son système n'est nullement fondé.

» Notre télégraphie électro-acoustique, qui permet de transmettre la totalité des signaux du télégraphe aérien, remplit donc le but que l'on désire atteindre d'une manière plus complète que le télégraphe de M. Foy.

» Le télégraphe électro-acoustique, d'ailleurs, fonctionne au moyen d'un seul fil conducteur, tandis que le télégraphe de M. Foy exige l'emploi de deux fils, un fil pour faire mouvoir chacun des indicateurs. Cette différence est assez importante au point de vue de l'économie, car elle permettra de réaliser, sur l'établissement successif

de toutes les grandes lignes de France, une économie de plusieurs millions.

» M. Foy a cherché à faire valoir en faveur de son système cette autre considération : les manivelles qui servent à fermer et à ouvrir le circuit électrique, et par suite à faire mouvoir le mécanisme du télégraphe de la ligne de Rouen, étant disposées de la même manière que celles qui servent à faire mouvoir les indicateurs du télégraphe aérien, l'administration des télégraphes trouvera dans les employés de la télégraphie aérienne un personnel *tout façonné* pour faire fonctionner les télégraphes électriques.

» Cette considération, qui tout d'abord paraît assez admissible, est-elle réellement fondée ? Nullement. Car il ne suffit pas, pour remplir les fonctions délicates d'employé de la télégraphie électrique, de savoir faire tourner convenablement des manivelles. Il faut avant tout posséder des connaissances assez étendues en électricité théorique et pratique, connaissances qui ne s'acquièrent pas en un jour. D'ailleurs, en ne considérant même que le jeu des manivelles, nous disons que les employés de la télégraphie aérienne ne sont pas aptes à faire fonctionner les télégraphes électriques de M. Foy. Car les indicateurs de ces appareils tournant toujours dans le même sens, on est obligé de faire tourner les manivelles qui règlent les mouvements de ces indicateurs toujours dans le même sens. Dans le télégraphe aérien, au contraire, les indicateurs ne pouvant pas décrire un cercle complet, et tournant pour cette raison, tantôt dans un sens, et tantôt dans le sens opposé, on est obligé de faire tourner les manivelles qui règlent les mouvements de ces indicateurs, tantôt dans un sens pour produire des angles à ouverture dirigée vers le *ciel*, et tantôt dans le sens opposé pour produire des angles à ouverture dirigée vers la *terre*. Par conséquent, les employés de la télégraphie aérienne, loin d'être *tout façonnés* pour faire fonctionner les télégraphes électriques, entraînés par la force de l'habitude, commettraient beaucoup plus d'erreurs que les employés *façonnés de la veille*.

» Ainsi, les deux motifs de préférence que M. Foy a fait valoir en faveur de son système n'ont aucune espèce de fondement. »

## CHAPITRE IV.

De l'utilité de la télégraphie. — De la télégraphie de nuit.

Non-seulement la télégraphie est utile, mais elle est indispensable au gouvernement d'un pays étendu comme la France : elle rend de tels services administratifs et financiers que les dépenses qu'elle entraîne seraient cent fois couvertes dans le cours d'une année par les frais qu'elle empêche de faire inutilement, et par le prix qu'on attache à la connaissance de certaines nouvelles, dont le retard peut compromettre la tranquillité, la sécurité même du pays. Les rapports si fréquents de la diplomatie, ceux de l'administration centrale avec les frontières de terre et de mer, et réciproquement ; l'urgence des dispositions à prendre sur les points les plus éloignés dans les cas d'agitation intérieure, de guerre maritime ou continentale ; en un mot, toutes les conditions et toutes les nécessités de l'existence actuelle de l'État se réunissent pour constater l'importance, l'indispensabilité de la télégraphie. Le télégraphe est la sentinelle la plus fidèle et la plus active qui puisse protéger l'ordre social et diriger l'ensemble de ses mouvements ; sa vue parcourt sans cesse tous les rayons depuis Paris jusqu'aux extrémités les plus reculées de la France : aucun événement grave ne peut se passer à deux cents lieues, que le gouvernement ne l'aperçoive à l'instant, et le gouvernement peut y parer aussitôt en envoyant les ordres nécessaires.

Malheureusement cette sauvegarde si précieuse par sa fidélité, si puissante par la rapidité de ses avertissements, reste endormie pendant toute la nuit et pendant toutes les nuits. Malheureusement, pendant le jour même, les brouillards, les pluies abondantes, le mirage, la fumée, les simples brumes, paralysent trop souvent et trop longtemps ses moyens.

Chappe a constaté, dans quarante années de pratique, que le télégraphe pouvait manœuvrer seulement pendant deux mille cent quatre-vingt-dix heures par année, c'est-à-dire six heures par jour, terme moyen. Aussi affirme-t-il qu'aujourd'hui les six douzièmes des dépê-

ches qui sont envoyées dans une année par les ministres et les autorités à l'administration télégraphique, ou aux directeurs du télégraphe en province, restent dans les cartons ou sont envoyées par la poste; que trois autres douzièmes ne parviennent par le télégraphe à leur destination que six, douze et vingt-quatre heures après qu'elles ont été remises à l'administration; que les trois derniers douzièmes parviennent à leur destination aussi promptement que possible; mais que souvent, si les dépêches sont très-pressées, les traducteurs suppriment les mots et même les phrases qui paraissent inutiles au sens de la dépêche, pour en accélérer le passage.

Que conclure de cette insuffisance du télégraphe actuel à pourvoir à tous les besoins de l'État? Qu'il est inutile, et qu'on ferait mieux de s'en passer? Pour mettre en évidence l'absurdité de cette conclusion, il suffirait de proposer au gouvernement de supprimer les télégraphes. Il les défendrait avec autant d'énergie que si sa propre existence était attachée à sa conservation : et le gouvernement aurait raison, car c'est un de ses plus solides leviers, tout restreint qu'il paraisse dans ses moyens. Loin donc de songer à supprimer la télégraphie, tous les efforts doivent tendre à augmenter ses ressources, en abrégeant le temps de la transmission des dépêches, et en prolongeant son action pendant la nuit. Ce sont les deux seuls moyens aujourd'hui de perfectionner la télégraphie, et de la mettre à la hauteur des services qu'elle est appelée à rendre.

Le plus important de ces deux procédés est d'étendre à la nuit l'action du télégraphe, parce que tout d'abord sa puissance se trouve exactement doublée, puisque les nuits partagent exactement l'année en un nombre d'heures égal à celui des jours. D'un autre côté, la météorologie nous apprend qu'il existe un bien plus grand nombre de nuits où l'atmosphère est transparente et limpide que de jours où les mêmes conditions favorables à la télégraphie se présentent. Et cela se conçoit : la nuit, les phénomènes du mirage sont nuls; le refroidissement du soir précipite, il est vrai, en vapeur opaque l'eau dissoute dans l'atmosphère par la chaleur du jour; mais ce phénomène se passe le plus souvent à quelques pieds au-dessus du sol, et ne se prolonge pas au delà d'une heure ou deux après le coucher du soleil. Le même phénomène se produit chaque matin, au détriment du télégraphe de jour, d'une façon bien plus grave et plus prolongée : le soleil élève les vapeurs, et la nuit les abaisse; aussi les brumes du matin font

constamment obstacle aux rayons visuels télégraphiques, et le plus souvent les brumes du soir ne s'élèvent pas à plus de trois mètres au-dessus du sol. Je n'entends pas parler ici des brouillards qui, la nuit comme le jour, rendent opaque toute l'atmosphère. Le jour, le soleil tant qu'il est sur l'horizon élève, des marais, des fleuves et des forêts, des vapeurs qui interrompent les communications; la nuit, aucune action pareille ne peut avoir lieu jusque après le lever du soleil. La nuit, les villes, les villages, les usines, sont sans fumée; le jour, il n'en est point ainsi. Le raisonnement et l'observation s'accordent à reconnaître aux nuits une limpidité plus fréquente qu'aux jours; ainsi le temps des communications télégraphiques possibles sera plus que doublé par l'extension de la télégraphie de jour à la télégraphie de nuit. Un fait de météorologie également remarquable, c'est que, quand les pluies tombent à torrents pendant tout le jour, il est rare que les nuits ne soient pas très-limpides, et réciproquement : ainsi, excepté dans des circonstances très-rares, il sera toujours possible de passer la nuit une dépêche urgente qu'un mauvais jour arrête, et réciproquement. Il en est pour les temps de grandes gelées comme pour les pluies, les nuits sont étincelantes, et les jours brumeux au point de cacher le soleil.

Mais les ressources plus ou moins égales de télégraphie que peuvent offrir le jour et la nuit ne fournissent pas la considération la plus importante relativement à l'utilité de la télégraphie de nuit.

Considérons de nouveau quel est le but de la télégraphie : avertir rapidement et à l'instant le gouvernement de tout ce qu'il lui importe de savoir; offrir au gouvernement le moyen d'envoyer rapidement et à l'instant ses ordres et ses instructions partout où besoin est. Comment un courrier, quelque alerte qu'il soit, peut-il remplir ce double but s'il dort seize heures en hiver, douze heures au printemps et à l'automne, et huit heures en été ?

Il est donc démontré que le repos de nuit du télégraphe laisse une lacune majeure et funeste dans l'activité de la correspondance. Tous les événements qui s'accomplissent, toutes les nouvelles qu'on apporte après deux heures du soir en hiver et après cinq heures du soir en été, ne peuvent être passées des départements au gouvernement que vers dix heures du lendemain matin, c'est-à-dire vingt heures après, en hiver; et vers sept heures du lendemain matin, c'est-à-dire quatorze heures après, en été, en admettant le temps le plus favorable. Dans la

majorité des cas, elles ne pourront être passées que dans le courant de la journée en été, et pas du tout en hiver, tandis qu'on aura laissé les plus longues et les plus belles nuits sans emploi. D'un autre côté, le gouvernement, qui s'inspire des événements pour trouver les moyens de les diriger, délibère sur les nouvelles qu'il reçoit le jour ; la nuit arrive, et ses ordres les plus importants, les plus pressés, passeront cette nuit à attendre, et seront transmis quatorze et vingt heures après qu'ils auront été arrêtés et rédigés.

Et pourtant la nuit, où l'activité humaine sommeille, aussi bien pour l'exécution des complots contre la société que dans la lutte des sociétés entre elles, aussi bien pour l'émeute que pour la bataille, la nuit est le temps le plus précieux pour organiser la défense ou préparer l'attaque : les masses dorment, les chefs doivent veiller ; ils doivent s'entendre entre eux à distance, ils doivent avoir tout prévu, tout décidé ; quand le soleil monte sur l'horizon pour rendre aux masses toute leur énergie, cette énergie doit avoir reçu le frein qui doit la diriger ou la coercer dans l'intérêt de tous.

Nous ne craignons pas de l'affirmer, la télégraphie de nuit est appelée à rendre au pays des services plus importants que la télégraphie de jour. Sans la télégraphie de nuit, la télégraphie ne jouit pas de la moitié de ses avantages, elle est souvent dépassée en vitesse et en ponctualité par les moyens ordinaires de communication. Que sera-ce donc dans quelques années d'ici, où les chemins de fer couvriront le sol de la France, et parcourront cent soixante lieues dans une nuit d'hiver, quatre-vingts lieues dans une nuit d'été ? Et si nous ajoutons quatre heures de jour pour la transmission télégraphique de la dépêche, le chemin de fer l'apportera de deux cents lieues avant le télégraphe pendant l'hiver, de cent vingt lieues en été.

Suivons au contraire la marche d'une dépêche dans l'hypothèse de la télégraphie de jour et de nuit. Supposons cette dépêche d'une durée de quatre heures ; elle part de Toulon à deux heures du soir, elle est rendue à Paris à six heures : le gouvernement délibère, arrête ses instructions ou ses ordres ; il les expédie à dix heures du soir : la dépêche arrive à deux heures du matin ; les autorités ont encore jusqu'au lever du soleil pour se concerter et préparer leurs moyens d'action.

Jamais, par aucun procédé, vitesse pareille ne sera obtenue, jamais par aucune voie de locomotion le gouvernement ne sera devancé, s'il

adopte la télégraphie de nuit. En vain il espérerait obtenir les nouvelles du soir et de la nuit par les chemins de fer ; la vitesse serait moindre de deux tiers, et il aurait perdu un temps précieux et laissé s'accomplir des événements irréparables : mais en outre il ne serait pas seul à recevoir ces nouvelles : les conducteurs, les mécaniciens, les voyageurs, connaîtraient la plupart des évenements qu'ils viendraient annoncer ; et ce n'est pas par la vitesse seulement que la télégraphie est utile au gouvernement, c'est peut-être plus encore parce qu'elle le prévient seul et avant tous de ce qui se passe. Le gouvernement, dira-t-on, aura ses locomotives et ses hommes spéciaux : mais combien chaque dépêche de Paris à Toulon ne coûterait-elle pas d'argent dans un pareil système ? et cela pour avoir deux tiers de moins de vitesse et risquer des accidents terribles de rencontre, car le parcours du chemin de fer ne doit rien laisser à l'imprévu.

Au milieu des progrès immenses que font chaque jour les moyens de communication, au milieu des dépenses énormes que fait le gouvernement et la société pour en assurer l'établissement et la perfection, il faut de toute nécessité que le télégraphe suive l'impulsion générale ; le gouvernement ne peut méconnaître cette nécessité, et pourtant on serait tenté de croire qu'il dédaigne cette arme puissante, car il détourne la tête devant le progrès certain, il allègue un million de dépenses comme exorbitant en comparaison d'un si mince objet que la télégraphie de nuit !... Mais est-ce bien le gouvernement qui pense et qui parle ainsi ? Nous ne le croyons pas!

Entrons maintenant dans quelques détails sur les conditions que doit remplir la télégraphie de nuit, et faisons connaître la solution simple et parfaitement efficace que M. Guyot a donnée de ce difficile problème. C'est encore lui qui parlera presque toujours ; il nous serait impossible de faire mieux, ni même aussi bien.

La télégraphie de nuit ne doit offrir d'autre différence avec la télégraphie de jour que celle des lumières ; le télégraphe, au lieu d'être éclairé par le soleil, doit être éclairé par des réverbères, voilà tout.

Puisque le télégraphe Chappe est le plus parfait qu'on puisse imaginer, c'est donc le télégraphe Chappe qu'il faut éclairer de façon que, la nuit, tous ses signaux soient aussi faciles à produire et aussi visibles, d'un télégraphe à l'autre, que le jour.

Ce problème paraît, au premier coup d'œil, très-simple et très-facile à résoudre ; eh bien ! il est tellement difficile et compliqué, que

quarante années d'études et d'essais n'ont abouti qu'à prouver que ce problème était insoluble par les moyens d'éclairage connus jusqu'ici.

M. de Saint-Haouen fut, parmi les inventeurs de nouveaux systèmes télégraphiques, celui qui mit le plus de persévérance et de soin dans l'établissement du sien. En 1809, il proposa au gouvernement impérial un télégraphe de jour et de nuit; il exigeait alors vingt lanternes pour fonctionner pendant la nuit, quinze pour représenter trois lignes horizontales fixes, trois mobiles à six pieds de distance devant monter et descendre sur une hauteur de vingt-huit pieds, et deux réunies ensemble devant également monter et descendre. Pour éclairer un tel télégraphe, il eût fallu près de deux heures; chaque signal ne pouvait demander, pour être transmis et recueilli, moins de deux minutes.

Plus tard, M. de Saint-Haouen réduisit ses lanternes au nombre de cinq : trois fixes, formant une ligne horizontale répondant au régulateur du télégraphe Chappe, et deux mobiles, se hissant successivement le long de quatre mâts verticaux, de façon à former des angles avec la ligne horizontale. Ce procédé, fort ingénieux et emprunté au télégraphe Chappe, ne réussit cependant pas.

Pendant trente années, MM. Chappe ont vainement tenté d'obtenir cette solution. M. Alphonse Foy, administrateur actuel des télégraphes, a renouvelé les mêmes efforts depuis quatre ou cinq années; il n'a pas eu plus de succès qu'eux, et cela n'a rien d'étonnant, puisque les moyens d'éclairage employés aujourd'hui ne peuvent pas se prêter aux exigences du télégraphe de Chappe.

Avant toute autre condition, la télégraphie de nuit doit remplir celle de se confondre avec la télégraphie de jour par l'identité des postes, des mécanismes, des signaux, du vocabulaire et des employés.

Moins les réverbères seront nombreux, moins ils coûteront, plus vite ils seront allumés, moins ils présenteront de chances d'extinction, moins ils consumeront de combustible, moins ils pèseront sur le télégraphe : si donc les signaux peuvent être exactement formés par quatre feux, il faudra bien se garder d'en ajouter un cinquième. Les réverbères devront être légers; ils devront présenter au foyer de lumière un abri sûr contre les vents et la pluie; ils devront être munis de doubles réflecteurs paraboliques.

L'éclairage pourrait avoir lieu de deux façons fort différentes : la première, par la suspension de réverbères au régulateur et aux indi-

cateurs; la seconde, par la projection d'une lumière qui éclaire le télégraphe tout entier. Jamais l'huile ni le gaz hydrogène ne pourraient, même au moyen du plus puissant réflecteur, projeter sur le télégraphe une lumière assez vive pour qu'il fût aperçu à un myriamètre de distance. Le mélange d'hydrogène et d'oxygène allumé et projeté sur un morceau de craie ou carbonate de chaux fournirait un foyer de lumière qui éclairerait le télégraphe presque aussi bien que les rayons directs du soleil, et à coup sûr mieux que la lumière diffuse : mais l'emploi de ce gaz est dangereux, et il serait difficile d'en approvisionner les différents postes. On arriverait plus facilement encore à rendre parfaitement visibles à toutes les distances les signaux télégraphiques en éclairant le télégraphe tout entier au moyen de la lumière électrique produite au contact de deux charbons fixés aux extrémités d'un circuit galvanique : maintenant qu'au moyen d'appareils très-simples, de celui de M. Jules Duboscq, par exemple, on est parvenu à rendre la lumière électrique constamment fixe, cette expérience pourrait être tentée avec succès.

En attendant, disons comment on peut produire les signaux par la suspension de réverbères. M. Jules Guyot prouve jusqu'à l'évidence, par une longue discussion, que le mode le plus simple consiste à n'employer que quatre réverbères : deux feux incolores placés un à chaque extrémité du régulateur, et deux feux colorés vert-clair, un à chaque extrémité libre des indicateurs, constituent l'éclairage le plus complet et le plus excellent qu'il soit possible d'appliquer au télégraphe Chappe pour qu'il continue sans interruption et sans aucun autre changement son service, la nuit comme le jour. Pour que le cylindre lumineux soit parfaitement visible dans toutes les positions du télégraphe, les quatre réverbères doivent être portés par quatre axes parallèles placés du côté opposé aux mécanismes ; deux des axes sont le prolongement des axes des indicateurs ; les deux autres sont perpendiculaires au plan des indicateurs près de leurs extrémités. Ainsi disposés, les réverbères ressemblent à des pendules de seize pouces de longueur, c'est-à-dire que le foyer est à seize pouces au-dessous du point de suspension : enfin les indicateurs et le régulateur doivent offrir un jour de huit pouces carrés au pied des axes; ce qui n'ôte rien à la visibilité des signaux de la télégraphie ordinaire. Moyennant ces dispositions principales, le télégraphe donne la nuit les mêmes signaux que le jour ; ils se relèvent de la même façon par les deux postes correspon-

dants. La figure 17, planche I, qui représente le signal dix-terre-dix-ciel à l'oblique de droite, et où tous les réverbères sont en dehors du mécanisme, donnera une idée suffisante du télégraphe du jour transformé en télégraphe de nuit.

Mais comment éclairer les lanternes? Le foyer de lumière doit être équivalent à la lumière de cinq bougies stéariques, cette unité photographique est la plus stable de toutes; il doit conserver son intensité pendant douze heures au moins; il doit s'allumer promptement et ne donner aucune fumée: le bec et le corps de la lampe doivent être d'une grande simplicité; ils ne doivent renfermer aucun mécanisme que le premier paysan venu ne puisse monter, démonter et nettoyer: le courant d'air qui alimente la combustion doit être intense, et cependant le foyer lumineux doit rester inaccessible aux vents et aux mouvements les plus rapides du télégraphe: tout le système de la lanterne, y compris la lampe, les deux réflecteurs paraboliques, la cheminée, les vitres et le combustible, ne doit pas peser plus de six livres, sept livres avec les axes de suspension.

L'huile et les lampes qui la brûlent ne peuvent pas évidemment remplir les conditions de ce programme. Les huiles de colza, de navette, de cameline épurée sont les meilleures huiles d'éclairage; mais elles se solidifient entre trois et quatre degrés au-dessous de zéro; elles s'épaississent et deviennent impropres à l'éclairage sous l'influence prolongée d'une chaleur de 150 degrés: il a été impossible jusqu'ici de trouver un moyen terme entre la condensation de l'huile par le froid et son altération par la chaleur; quand on veut éviter un de ces inconvénients, on tombe fatalement dans l'autre. De fait la télégraphie de nuit a été cherchée par l'huile et par la bougie sans aucun succès: l'huile ne présente pour l'avenir aucune chance de donner cet éclairage; la bougie pourrait réussir, mais son prix serait fort élevé. Le gaz donne assez de lumière pour être aperçu des postes les plus éloignés; sa flamme peut prendre un grand développement et conserver son intensité lumineuse pendant tout le temps nécessaire; il n'a pas besoin de mèches ni de tirage; il s'allume instantanément, etc.: malheureusement il ne peut être employé à cause de défauts plus graves que ses qualités, et chacun les devine sans qu'il soit besoin de les énumérer.

Il est heureusement un autre combustible dont les propriétés expérimentées pendant une année entière répondent à toutes les nécessités de la télégraphie de nuit. M. Jules Guyot, qui l'a inventé, lui a donné

le nom d'hydrogène liquide, parce qu'il jouit de la singulière propriété de brûler comme le gaz des rues par volatilisation et sans mèche, bien qu'il se présente sous forme d'un liquide incolore, limpide, et d'une pesanteur spécifique de 0,82. Il est indécomposable par la chaleur, inaltérable par le froid; il brûle en donnant une flamme brillante et blanche comme celle du gaz le plus pur, et la combustion se maintient au même degré jusqu'à ce que le réservoir soit entièrement épuisé. Tout compte fait, chaque heure d'éclairage d'un télégraphe par l'hydrogène coûte deux tiers de moins qu'avec la bougie et un tiers de moins qu'avec l'huile; il permet aussi de donner à la lampe télégraphique la plus grande simplicité possible, sans mécanisme, sans mèche à ajuster, à monter, à descendre ou à rogner : seule et sans abri, on peut lui imprimer des mouvements rapides sans qu'elle s'éteigne; protégée par la lanterne de M. Guyot, elle résiste aux ouragans les plus violents; elle éclaire douze heures sans addition de liquide.

Soumis à l'expérience par les temps les plus affreux et les plus contraires, des froids de dix à douze degrés, des vents impétueux, des ouragans terribles, le télégraphe de nuit de M. Jules Guyot a toujours parfaitement fonctionné. Les signaux produits avec deux lanternes blanches et deux lanternes colorées aux indicateurs étaient toujours si clairs et si perceptibles qu'un enfant de six ans n'aurait pu commettre aucune erreur dans leur appréciation. On pouvait former trois signaux par minute, et les réverbères furent toujours décrochés en pleins signaux. Par un clair de lune magnifique, d'un tel éclat qu'il était possible de lire au milieu de la campagne, et alors même que le disque du soleil était encore à moitié au-dessus de l'horizon, les lumières étaient parfaitement visibles, et deux cent trente signaux furent recueillis avec la plus grande facilité et la plus parfaite exactitude par les trois stations de Paris, de Trou-d'Enfer et de Passy.

Le télégraphe de nuit à l'hydrogène liquide a été établi sur la ligne de Paris à Dijon. Dans deux longues séances, une commission nommée par le gouvernement a pu s'assurer par elle-même que les signaux de nuit passaient de Paris à Dijon et de Dijon à Paris avec la même aisance, la même concision et à peu de choses près avec la même vitesse que les signaux de jour. Cette ligne est la plus mauvaise de France, et si le problème a été complétement résolu dans des conditions si défavorables, il le sera sans contredit sur toutes les autres lignes.

Le difficile problème est donc enfin résolu, la télégraphie de nuit est découverte : dans six mois elle peût être appliquée à tous les télégraphes de France en adoptant les mêmes postes, le même mécanisme, les mêmes signaux, le même vocabulaire : la manœuvre est aussi simple et aussi rapide, elle donne trois signaux par minute ; les signaux sont aussi distincts la nuit que le jour : chacune des dépêches moyennes de nuit coûterait 95 francs 88 centimes, tandis que chaque dépêche moyenne de jour revient à 151 francs, etc., etc. Comment se fait-il dès lors qu'elle ne soit pas déjà adoptée par le gouvernement? La réponse à une question de ce genre est toujours la même : le mauvais vouloir de l'administration, l'entêtement tout à la fois et la légèreté de l'administrateur des télégraphes ! On a eu le triste courage de révoquer en doute l'efficacité solennellement constatée des procédés de M. Jules Guyot, parce qu'on ne les avait pas inventés soi-même ! On a eu l'odieuse pensée, pour échapper à la nécessité si naturelle, si juste, d'indemniser l'inventeur, de continuer à s'épuiser en vains efforts pour substituer l'huile à l'hydrogène liquide ! On est arrivé à un tel excès d'opposition systématique, qu'on n'a pas craint de déclarer inutile cette même télégraphie de nuit si longtemps cherchée, si longtemps étudiée, et pour laquelle on avait dépensé des sommes énormes, alors qu'en dehors des tristes passions humaines, on la proclamait nécessaire et indispensable. Quoi ! la télégraphie de nuit serait inutile, quand tout le monde sent qu'il existe une lacune majeure et funeste dans l'activité de la correspondance, quand tout le monde regrette que les événements qui s'accomplissent après deux heures du soir en hiver, après cinq heures du soir en été, ne puissent être transmis au gouvernement que vers dix heures le lendemain matin, ou deux heures après midi, en admettant le temps le plus favorable ; que les ordres les plus importants et les plus pressés doivent attendre une longue nuit, et ne soient transmis que quatorze ou vingt heures après qu'ils auront été écrits et rédigés ? Quelle étrange doctrine, quelle déplorable illusion ! Les hommes les plus hostiles à l'adoption des procédés de M. Jules Guyot étaient certainement convaincus de ces vérités incontestables : que la télégraphie de nuit est appelée à rendre au pays des services plus importants que la télégraphie de jour ; que sans la télégraphie de nuit, la télégraphie ne jouit pas de la moitié de ses avantages ; qu'elle est souvent dépassée en vitesse et en ponctualité par les moyens ordinaires de communication, et que les chemins de fer apporteront les dépêches

avant le télégraphe quand elles seront expédiées de deux cents lieues en hiver, de cent vingt lieues en été !

On a enfin soulevé une objection plus grave : la télégraphie de nuit est désormais inutile parce qu'elle sera très-avantageusement remplacée par la télégraphie électrique. Nous avons peine à comprendre que cette objection ait pu être formulée sérieusement par l'administration des télégraphes. En effet, ou l'administration prétend supprimer les lignes de télégraphie aérienne et répudier complétement la grande œuvre des Chappe pour établir partout la télégraphie électrique, et ce serait commettre de sang-froid une faute énorme, irréparable : ou l'administration veut conserver comme moyen principal de correspondance gouvernementale la télégraphie aérienne en n'acceptant la télégraphie électrique que comme accessoire, comme un instrument précieux en temps de paix, mais sur lequel on ne peut se reposer avec une confiance absolue ; et, dans cette seconde hypothèse, refuser d'ajouter la télégraphie de nuit à la télégraphie de jour, ce serait une inconséquence rendue plus grave par la découverte même de la télégraphie électrique, dont on peut user contre le gouvernement.

Partisan enthousiaste de la télégraphie électrique, la plus étonnante invention des temps modernes, nous croirions exagérer grandement et nous bercer d'une lamentable illusion si nous avions été entraînés à penser que le gouvernement devait briser ses anciens télégraphes pour se confier pleinement aux chances des nouveaux moyens de correspondance instantanée. Nous approuvons donc pleinement la réponse vigoureuse et l'argumentation pressante de M. Jules Guyot :

« Ayez donc à soutenir une nouvelle guerre civile ou une invasion quelconque avec la seule télégraphie électrique ; ayez à suivre les opérations d'une grande armée, soit qu'elle avance, soit qu'elle recule. Avec la télégraphie aérienne de jour et de nuit, vous suivrez vos dépêches de clocher en clocher, de postes en postes ; jamais vous ne manquerez de communication avec les foyers d'insurrection et le théâtre de la guerre. Que peut-on attendre de misérables fils dans de pareilles circonstances ? Vous ignorez donc que la télégraphie n'a d'importance que dans les commotions des nations ? que lorsqu'elle ne sert que pour transmettre les dépêches administratives, elle dort pour attendre les moments d'urgence ? que hors de ces moments ses services sont presque nuls ? que quand tout est calme, le gouvernement n'est guère plus pressé que tout le monde ? que pour dominer

les chemins de fer, il faut en être indépendant ? que si un seul train envahi apportait à l'improviste l'émeute ou l'ennemi, l'ennemi par cela même serait maître du télégraphe sur toute la ligne ?... Non, la télégraphie électrique n'est pas une télégraphie gouvernementale sérieuse ; elle ne sera jamais un préservatif contre les moyens terribles de transport d'hommes et d'armes ; elle sera toujours à la merci des plus légères agitations et des individus les moins courageux ; elle n'est bonne réellement que pour établir une correspondance entre deux points parfaitement gardés sur toute leur distance en pleine paix, et pour transmettre des nouvelles ou des ordres qui ne peuvent blesser des tiers ou leur causer aucun préjudice. De jeunes fous, des ivrognes, des vagabonds, les réfractaires, les banqueroutiers frauduleux, les concussionnaires, les criminels de toute nature, les ouvriers irrités contre une administration qui les congédie, les hommes que des préoccupations politiques agitent, voilà autant d'agents de destruction auxquels la télégraphie électrique oppose quelques mètres de fil, un terrain ouvert et une surveillance impossible ! Un seul homme, en un seul jour, sans qu'on puisse l'en empêcher, pourra couper tous les fils télégraphiques aboutissant à Paris, et en vingt-quatre heures couper sur dix points tous les fils d'une même ligne sans être arrêté, sans même avoir été aperçu par des gardiens qu'une distance de deux kilomètres sépare. La télégraphie aérienne, au contraire, a ses tours, ses tourelles, ses cabanes au moins, munies d'une muraille et d'une porte gardées à l'intérieur par un homme vigoureux, armé de deux fusils de munition, etc., etc. Sur six cents insurgés, la moitié acceptera avec une joie secrète la mission d'aller couper les fils du télégraphe électrique ; tandis que l'attaque froide, triste et obscure d'une simple porte en chêne derrière laquelle se trouvent un ou deux hommes dont l'assassinat doit entrer dans les prévisions des assaillants, inspirera toujours un tel effroi, que sur ces mêmes six cents hommes il ne s'en trouvera pas deux qui veuillent exécuter une pareille entreprise.

» La substitution à la télégraphie aérienne de la télégraphie électrique qui réclame impérieusement pour vivre l'honnêteté, le calme, le respect de ses ennemis et même des oisifs indifférents, serait une mesure déplorable, un véritable acte d'idiotisme. »

Ajoutons enfin que refuser plus longtemps de compléter la télégraphie aérienne par la télégraphie de nuit, après la belle découverte de l'hydrogène liquide, les immenses travaux, et les succès éclatants

de M. Jules Guyot, ce serait plus que de l'imprévoyance, ce serait une véritable abdication gouvernementale. Neuf mars 1851! L'acte d'idiotisme est consommé! l'abdication est signée! La télégraphie aérienne de Paris à la frontière du nord, n'existe plus! Le télégraphe Chappe a cessé de couronner la tour de l'administration centrale! Oh! M. Foy.

Il nous reste, pour terminer cette première partie, à énumérer avec quelques détails les services que la télégraphie aérienne de jour et de nuit peut rendre aux chemins de fer.

Les signaux des chemins de fer ont pour première condition d'être persistants autant que l'état de la route qu'ils indiquent persiste lui-même ; et chaque disposition du mécanisme doit signaler au moins quatre circonstances à la fois. Par exemple : 1° Voie de droite ouverte de Paris à Saint-Germain, fermée de Saint-Germain à Paris ; voie de gauche ouverte de Saint-Germain à Paris, fermée de Paris à Saint-Germain ; 2° Retard simple, demande de renfort simple, sur la voie droite, à Nanterre. Toutes ces circonstances doivent être exprimées par un seul signal permanent, parce que sur un chemin de fer sans cesse parcouru par les convois avec plus ou moins de rapidité, il ne s'agit pas seulement de correspondre avec les extrémités de la ligne, mais bien plus encore de guider la marche du train, en parlant sans cesse aux yeux des machinistes et des conducteurs ; des signaux successifs que l'on oublierait après les avoir vus, créeraient de l'inquiétude et de la confusion.

Tous les systèmes aussi qui ne parleront pas de loin aux yeux ou aux oreilles des conducteurs seront insuffisants; le son et la lumière sont donc les seuls agents possibles de la télégraphie des chemins de fer, et, rigoureusement parlant, ils ne peuvent pas être remplacés même par la télégraphie électrique.

Voici le système proposé par M. Jules Guyot :

De deux en deux kilomètres, de quatre en quatre au plus, seront élevés des mâts de 8 mètres 35 centimètres de hauteur, solidement scellés par leur pied; leur extrémité supérieure sera maintenue par quatre cordes en fil de fer ; une guérite de 2 mètres 25 centimètres d'élévation sera construite au pied de chaque mât, et des fiches disposées de 30 centimètres en 30 centimètres permettront de monter jusqu'à son sommet. Chaque mât porte à 10 centimètres de son extrémité supérieure un axe fixe parallèle à la voie, sur lequel une aiguille ou indicateur tournera dans un plan vertical ; à 4 mètres au-

dessous, un second axe et un second indicateur semblable; et enfin entre les axes une pièce mobile ou régulateur pouvant monter jusqu'à l'axe supérieur, ou descendre jusqu'à l'axe inférieur. Les indicateurs décrivent un cercle autour de leur axe; ils doivent avoir 2 mètres 75 centimètres de longueur, 75 centimètres de largeur à la petite extrémité, et 1 mètre 25 à l'extrémité la plus large; ils sont construits en persiennes, peints en noir mat au centre, et en blanc sur les bandes latérales. La figure 18, planche I, donne une idée suffisante de ce mécanisme imité de la télégraphie Chappe.

On adopte sept positions principales de chaque régulateur, 1° oblique en bas à gauche, 2° horizontale à gauche, 3° oblique en haut à gauche, 4° oblique en haut à droite, 5° horizontale à droite, 6° oblique en bas à droite, 7° perpendiculaire ou fermé. On convient que l'indicateur supérieur représente la voie de droite, et l'indicateur inférieur celle de gauche : on a ainsi sept signaux permanents pour exprimer l'état actuel de chaque voie. Dès qu'un indicateur donne un des quatre signaux de secours, le régulateur mobile est amené vers l'indicateur opposé, ce qui annonce que cet indicateur va servir à signaler la section de la division où le secours doit être porté. Le système entier comprend sept expressions pour la voie de droite, et six désignations de lieu; autant pour la voie de gauche; en tout vingt-six combinaisons, ou treize combinaisons doubles.

Le télégraphe de nuit et le télégraphe des tunnels sont constitués par deux fanaux à hydrogène liquide, suspendus aux deux extrémités de l'indicateur inférieur du télégraphe de jour ou accrochés l'un à droite et l'autre à gauche des voûtes. Chaque fanal éclaire des deux côtés; il a pour vitres fixes et de clôture deux lentilles biconvexes en cristal limpide : deux cadres à coulisse permettent de substituer les uns aux autres des verres colorés de nuances diverses. Les teintes doivent être extrêmement tendres et très-tranchées : rouge pourpre, jaune serin, vert pomme, bleu ciel, violet lilas : ces cinq nuances réunies au verre incolore donnent les sept expressions de la télégraphie de jour. Le fanal de droite signale la voie droite, celui de gauche la voie de gauche; le verre incolore indique la voie ouverte en marchant vers lui, le verre rouge indique la voie fermée; les autres teintes indiquent les retards ou les accidents. Aussitôt qu'un des deux fanaux signale un retard, un embarras, un accident, par l'une de ces quatre teintes, l'autre fanal est par ce fait même affranchi du

service de sa voie pour exprimer la section où l'empêchement est survenu, et le secours demandé. De même que chaque train devra porter un répétiteur ou petit télégraphe pour signaler sa route et ses besoins au plus prochain stationnaire ; il portera également deux fanaux télégraphiques au-dessus d'un wagon et à la portée de la main d'un conducteur.

Cette télégraphie de nuit des chemins de fer aurait, comme celle de jour, sept expressions pour chaque voie, et six désignations de lieux ; elle exprimerait simultanément et par un signal permanent, la voie, le lieu, l'état : elle serait à la fois comme celle de jour la plus complète, la plus simple, et la plus économique qu'on puisse obtenir.

M. Treutler de Berlin a réussi de son côté à rendre applicable aux chemins de fer le télégraphe à ailes accouplées des États prussiens. La fig. 19, planche I, représente l'ensemble du mécanisme adopté par lui ; il se compose essentiellement d'un seul mât avec une seule paire d'ailes mobiles. Les ailes mobiles sont armées de deux séries de petits miroirs, fig. 20, destinés à réfléchir parallèlement à la voie, et dans deux directions opposées, la lumière de deux lanternes L, L'. Une fois les lanternes placées, le gardien ne s'en occupe plus ; l'éclairage des bras ou indicateurs est indépendant de leur mouvement ; chaque signal se forme et se transmet immédiatement par le seul mouvement des manivelles placées au pied du mât. On affirme que ce mode d'éclairage ne laisse rien à désirer, et qu'il est très-applicable même à la télégraphie Chappe, ce qui serait un immense avantage. Le centre de mouvement des deux indicateurs qui est aussi le centre des signaux, est constamment éclairé d'une lumière vive ; chacun des deux indicateurs semble illuminé par deux lampes astrales, de telle sorte que quand les deux bras sont étendus on voit en avant et en arrière neuf flammes brillantes, et dont l'ensemble forme une ligne droite ou brisée.

Laquelle des deux dispositions de MM. Jules Guyot et Treutler est la meilleure ; nous ne nous prononcerons pas sur ce point délicat ; M. Jules Guyot a conservé le mécanisme du télégraphe Chappe ; M. Treutler, le mécanisme du télégraphe prussien ; la lumière réfléchie ne peut pas avoir sur la lumière directement transmise la supériorité qu'on lui attribue au delà du Rhin : mais le télégraphe de M. Treutler fonctionne déjà sur plusieurs lignes de fer, et celui de M. Jules Guyot n'existe encore malheureusement qu'à l'état de projet.

Arrivons enfin à la télégraphie électrique.

# DEUXIÈME PARTIE.

## DE LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

### PREMIÈRE SECTION.

#### HISTOIRE DE LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

---

## CHAPITRE PREMIER.

### Deuxième et troisième époque.

---

PREMIÈRE ÉPOQUE.

L'idée d'employer l'électricité comme moyen télégraphique n'est pas nouvelle.

*Strada.*

Strada, dans ses *Prolusiones*, parle d'une correspondance fantastique entretenue par deux amis au moyen d'un aimant dont la vertu était telle, que lorsqu'il avait touché deux aiguilles, il suffisait que l'une de celles-ci fût mise en mouvement pour que l'autre éprouvât un mouvement simultané, à quelque distance que fût placée la première.

Chacun des amis entré en possession d'une des aiguilles, la disposa de manière à lui faire parcourir la circonférence d'un cadran sur lequel étaient tracées les vingt-quatre lettres de l'alphabet. En se séparant pour se rendre dans des pays très-éloignés l'un de l'autre, ils convinrent de se renfermer chaque jour à une certaine heure affectée à la correspondance. Celui qui voulait écrire à son ami dirigeait l'aiguille de son cadran sur chacune des lettres composant le mot qu'il voulait transmettre, en ayant soin de laisser un temps d'arrêt à chaque mot, pour qu'il n'y eût pas de confusion. Son ami voyait au même moment l'aiguille de l'autre cadran parcourir les mêmes lettres.

Par ce moyen, ils pouvaient échanger leurs pensées à travers les

continents, et leur faire franchir en un clin d'œil les villes, les montagnes et les déserts. Charmant rêve ou opération nécromancienne!

Ce passage curieux a été cité par Adisson en 1711.

## *Lesage.*

En 1774, dit-on, un savant d'origine française, Lesage, établit à Genève un télégraphe électrique composé de vingt-quatre fils métalliques, séparés les uns des autres et noyés dans une matière isolante: chaque fil correspondait à un électromètre particulier, formé d'une petite balle de sureau suspendue à un fil : en mettant une machine électrique en communication avec tel ou tel de ces fils, la balle de l'électromètre qui y correspondait était repoussée, et le mouvement désignait la lettre de l'alphabet ou le signal conventionnel quelconque que l'on voulait transmettre.

Voici quelques renseignements authentiques sur le projet de télégraphe électrique proposé par Lesage : nous les trouvons dans une lettre écrite par l'inventeur lui-même à M. Prévost de Genève.

« Berlin, 22 juin 1782.

» Je vais vous entretenir d'une de mes anciennes trouvailles qui vient aussi d'être trouvée par quelqu'un d'autre, au moins jusqu'à un certain point.

» C'est une correspondance prompte, distincte et suivie, entre deux endroits éloignés, au moyen de l'électricité, dont je m'avisai il y a trente ou trente-cinq ans; et que j'amenai de suite à une simplicité qui la rendait infiniment plus praticable que n'est la forme dont le nouvel inventeur l'a revêtue.

» On peut concevoir un tuyau souterrain de terre vernissée, dont la cavité soit séparée de toise en toise par des diaphragmes ou cloisons de terre vernissée, ou de verre, percées de vingt-quatre trous pour donner passage à autant de fils d'archal que ces diaphragmes doivent soutenir et maintenir séparés. A chacune des extrémités de ce tuyau sont vingt-quatre fils s'écartant horizontalement, en se rangeant comme les touches du clavecin, et au-dessus de cette rangée de bouts de fils sont distinctement tracées les vingt-quatre lettres de l'alphabet, tandis

qu'au-dessous est une table couverte de vingt-quatre petites feuilles d'or, ou autres corps bien attirables et bien visibles.

» Le correspondant actif, ou celui qui veut se faire entendre, touchera les bouts des fils avec un tube de verre préalablement frotté, selon l'ordre des caractères de l'écrit qu'il aura devant les yeux ; et le correspondant passif tracera sur un papier des caractères pareils à ceux sous lesquels il aura vu jouer l'attraction. Le reste est aisé à suppléer. »

Lesage avait songé à offrir son secret au grand Frédéric, et voici la lettre d'envoi qu'il avait projetée.

« Ma petite fortune est non-seulement suffisante à tous mes besoins personnels, mais elle suffit même à tous mes goûts, excepté un seul, celui de fournir aux besoins et aux goûts des autres hommes ; et ce désir-là, tous les monarques du monde réunis ne pourraient pas me mettre en état de le satisfaire pleinement. Ce n'est donc point au patron qui peut donner beaucoup que je prends la liberté d'adresser la découverte suivante, mais au patron qui peut en faire beaucoup d'usage, et qui peut juger par lui-même de sa solidité et de son utilité, sans avoir besoin de la communiquer à son conseil. »

### *Lomond.*

Dans la relation du voyage qu'Arthur Young fit en France pendant l'année 1787, on trouve la description d'une expérience de télégraphie électrique faite par M. Lomond, qui employait pour représenter différents signes les degrés de divergence de l'électromètre ; voici le passage original, t. I, p. 212 : « M. Lomond a fait une découverte remarquable dans l'électricité. Vous écrivez deux ou trois mots sur du papier, il les prend avec lui dans une chambre, et tourne une machine dans un étui cylindrique, au haut duquel est un électromètre avec une jolie petite balle de moelle de plume : un fil d'archal est joint à un pareil cylindre électriseur dans un appartement éloigné ; et sa femme, en remarquant les mouvements de la balle qui correspond, écrit les mots qu'ils indiquent, d'où il paraît qu'il a formé un alphabet du mouvement. Comme la longueur du fil d'archal ne fait aucune différence sur l'effet, on pourrait entretenir une correspondance de fort loin ; par exemple, avec une ville assiégée, ou pour des objets beaucoup plus dignes d'attention ou mille fois plus innocents.

## *Reiser.*

Reiser, en Allemagne, proposa en 1794, dans le *Magasin* de Voigt, vol. IX, p. 1, d'éclairer à distance, au moyen d'une décharge électrique, les diverses lettres de l'alphabet, que l'on aurait découpées d'avance sur des carreaux de verre recouverts de bandes d'étain. L'étincelle électrique devait se transmettre par autant de fils renfermés dans des tubes de verre qu'il y avait de lettres.

## *Salva.*

Voici encore un document authentique. On trouve dans la *Gazette de Madrid* du 25 novembre 1796 : « Le prince de la Paix, ayant appris que M. D. F. Salva avait lu à l'Académie des sciences un mémoire sur l'application de l'électricité à la télégraphie, et présenté en même temps un télégraphe électrique de son invention, a voulu l'examiner, et, charmé de la promptitude et de la facilité avec lesquelles il fonctionnait, il l'a fait voir au roi et à la cour ; lui-même l'a fait fonctionner. A la suite de cette expérience, l'infant don Antonio a voulu faire un autre télégraphe plus complet, et s'est occupé de calculer quelle force d'électricité il faudrait pour se servir du télégraphe à diverses distances, soit sur terre, soit sur mer. Des expériences utiles ont eu lieu, nous en parlerons plus tard. » Le recueil périodique de Voigt faisait-il allusion à ces expériences quand il annonçait, deux ans après, que l'infant don Antonio avait fait construire un télégraphe réel sur une très-grande échelle et une très-grande étendue? On ajoutait même que le jeune prince fut nuitamment informé, au moyen de son télégraphe, d'une nouvelle qui l'intéressait vivement.

## *Cavallo.*

Dans la quatrième édition de son *Traité de l'électricité*, publié en 1795, vol. III, p. 285, Cavallo proposa d'employer, pour transmettre un signal, l'inflammation de plusieurs substances combustibles ou détonantes, la poudre, le phosphore, l'hydrogène phosphoré, etc., et d'appeler l'attention du correspondant par l'explosion d'une bouteille de Leyde.

### *Betancourt.*

En Espagne encore, vers 1787, Betancourt aurait tenté d'appliquer l'électricité à la production des signaux éloignés, en se servant de bouteilles de Leyde, dont il faisait passer la décharge dans des fils allant d'Aranjuez à Madrid.

### *Ronalds.*

Mais les appareils de télégraphie par l'électricité statique les plus ingénieux et les plus complets furent inventés par un Anglais, Francis Ronalds. Ses expériences ont été publiées en 1823, dans un petit volume in-8°. Une des parties les plus essentielles de son appareil consistait dans un disque mobile, portant des caractères qui venaient se présenter à volonté devant un petit guichet. La distance à laquelle les signaux étaient transmis par un fil métallique aurait été de huit milles anglais.

## DEUXIÈME ÉPOQUE.

Tous les projets que nous venons d'énumérer, même ceux qui passèrent de l'état d'idée à la condition d'appareil d'essai, employaient comme agent l'électricité statique ou de tension, développée par le frottement et dégagée par les machines électriques ordinaires, les bouteilles de Leyde ou des batteries : or, l'emploi d'un agent si inconstant, si capricieux, si inégal, si pénible à engendrer, si difficile à contenir, est réellement presque impossible, au moins pour un service régulier ; on n'essaierait pas sans déraison de le réaliser en dehors d'un cabinet de physique, et sur une grande échelle. Les auteurs de ces projets ne peuvent donc pas être reconnus comme les inventeurs de la télégraphie électrique, devenue un instrument d'application réelle et facile, un appareil usuel.

En 1800, l'illustre Volta découvrit la nouvelle source, la nouvelle forme d'électricité qui porta d'abord son nom, et que l'on a désignée depuis sous le nom d'électricité dynamique. Cette électricité, qui se montre à nous sans tension, c'est-à dire sans tendance à abandonner les conducteurs métalliques dans lesquels elle circule, se manifesta dès son origine par des phénomènes vraiment étonnants de combustion,

de lumière, de décomposition chimique, de commotions physiologiques, qui sont devenus le point de départ de presque tous les télégraphes électriques tentés jusqu'en 1820.

### *Sœmmerring.*

Sœmmerring proposa en 1811, dans une des séances de l'Académie de Munich, un plan complet de télégraphe, fondé sur l'emploi comme moyen indicateur de la décomposition de l'eau par la pile. Voici la description abrégée de son appareil, qui constitue une époque remarquable dans l'histoire que nous esquissons.

Sur le fond d'un vase de verre reposant sur un pied, il fixa trente-cinq pointes d'or, que l'on désigna en partie par les vingt-cinq lettres de l'alphabet allemand, en partie par les dix chiffres de 0 à 9.

Chacune de ces trente-cinq pointes se prolongeait suivant un conducteur en cuivre, terminé par un petit cylindre en laiton : au milieu du petit cylindre se trouvait une rainure destinée à recevoir un petit crochet, auquel pouvaient se fixer les fils qui devaient unir la pointe correspondante avec le pôle positif ou négatif de la pile.

Les trente-cinq cylindres étaient fixés, comme les pointes d'or du vase, sur un support particulier, de telle sorte que les deux extrémités de chacun des deux conducteurs correspondaient à la même lettre ou au même chiffre.

Si maintenant on mettait l'appareil disposé comme le montre la figure que nous décrirons plus tard, dans le circuit d'une pile électrique, on voyait aussitôt des bulles de gaz apparaître aux deux pointes qui correspondent aux deux petits cylindres auxquels sont fixés les fils conducteurs de la pile. Ainsi tout étant disposé comme dans la figure, il se formait de l'hydrogène à la pointe K, et de l'oxygène à la pointe T.

Il est évident que l'on pouvait ainsi désigner à distance toutes les lettres qu'on voulait.

Il est à remarquer que l'on indiquait à la fois deux lettres; Sœmmerring admettait que l'hydrogène le plus abondant des deux gaz désignait la première, et l'oxygène la seconde. Quand on devait transmettre simultanément deux fois la même lettre, on avait recours au zéro. Ainsi le mot *nenni* se transmettrait *ne — n0 — ni*. Pour indiquer la fin d'un mot on recourait au chiffre 1, que l'on aurait pu remplacer par une croix.

Sœmmerring ne put déterminer dans ses expériences, trop peu importantes, la vitesse avec laquelle le fluide électrique se transmettait. Il rappela les expériences de Gray, Dufay, Le Monnier et Watson sur la vitesse de l'électricité développée par les machines ordinaires, desquelles il résultait seulement, suivant Watson, que la vitesse de propagation de l'électricité est incomparablement plus grande que celle du son. Il s'assura par ses petits essais qu'une différence de 2,000 pieds dans la longueur du conducteur ne produisait pas un retard appréciable. Quand le courant avait traversé un conducteur de 2,248 pieds de longueur, la décomposition de l'eau commençait instantanément. Il serait très-intéressant, ajoutait le physicien allemand, d'arriver à déterminer, à l'aide d'expériences faites sur une grande échelle, la vitesse d'un courant galvanique pour la comparer à la vitesse de la lumière.

Sœmmerring isolait les trente-cinq fils en les recouvrant de soie; il enduisait de vernis le faisceau qui résultait de leur ensemble. Le fluide électrique les traversait alors sans la moindre difficulté et sans aucun trouble. La pile employée était, comme la planche jointe à cet ouvrage l'indiquera, la pile à colonne.

Les avantages du télégraphe électrique sont très-bien énumérés dans le mémoire que nous analysons. Son emploi, disait Sœmmerring, n'est pas borné au jour, il s'étend à la nuit; il n'est arrêté ni par le brouillard ni par les nuages, de sorte qu'il rend cinquante fois au moins plus de services que le télégraphe ordinaire. Son action peut s'étendre à des distances quelconques, sans stations intermédiaires; il peut fonctionner sans que personne, sur la ligne, s'en aperçoive; il n'est plus dès lors condamné à transmettre des caractères cryptographiques; il peut au contraire tout exprimer par lettres avec une rapidité et une économie de temps incalculables; il n'exige aucune construction particulière, et peut aboutir à telle chambre ou à tel cabinet qu'on voudra; les dépenses qu'il entraîne sont incomparablement plus petites. Nous verrons tout à l'heure que Sœmmerring n'avait pas oublié d'indiquer par quel procédé il réveillerait l'attention des correspondants.

*Schweigger.*

Schweigger, dans un curieux appendice au mémoire de Sœmmerring qu'il inséra en 1838 dans son journal *Polyt. central blatt*,

rappelle d'abord qu'on atteindrait ce but par un pistolet de Volta qu'on ferait détoner au moyen d'une batterie ajoutée à la pile ; mais ce serait évidemment rentrer dans toutes les difficultés de l'électricité de tension. Il ajoute qu'on diminuerait considérablement et avec un immense avantage le nombre des signes, si, au lieu d'une seule pile, l'on en employait deux, l'une beaucoup plus forte, l'autre plus faible, et qu'on fît agir tantôt l'une, tantôt l'autre, ou même les deux réunies. Si de plus, dit Schweigger, on fait entrer en considération le temps pendant lequel les gaz se dégagent, ainsi que les interruptions plus ou moins longues, et auxquelles succéderait l'action tantôt de la grande, tantôt de la petite pile, on pourrait certainement n'employer que deux fils au lieu des trente-cinq fils de Sœmmerring, ce qui centuplerait les avantages du télégraphe, en rendant les observations plus faciles et plus sûres, etc., etc. Schweigger entre ensuite dans quelques détails sur les méthodes à suivre pour établir les communications, et termine par des aperçus pleins d'intérêt sur la manière d'écrire les indications télégraphiques, au moyen de caractères que l'on presserait contre un papier blanc, recouvert d'un papier chargé de sanguine ou de noir de fumée : c'est précisément le mode employé plus tard par M. Wheatstone ; mais il restait un pas immense à faire, c'était de créer à volonté et à distance la force qui devait presser le caractère.

Sœmmerring, lui, indiqua comme moyen de faire sonner un réveil une rupture d'équilibre déterminée par le dégagement des gaz.

### *Coxe.*

Le professeur Coxe, de Philadelphie, exprima aussi en 1810, dans les *Annales de philosophie* de Thompson, l'idée d'appliquer la pile voltaïque à des communications télégraphiques, en déterminant par cet agent la décomposition de l'eau ou des sels métalliques à des distances plus ou moins éloignées de l'appareil. Mais l'action de la pile manifestée par des étincelles, ou la décomposition des substances chimiques, était au fond réellement inapplicable, d'autant plus que la pile à effet constant n'était pas inventée, et que les piles les plus énergiques perdaient alors en quelques heures presque toute leur intensité.

# CHAPITRE II.

## Troisième et quatrième époque.

### TROISIÈME ÉPOQUE.

En 1819, le célèbre Œrsted découvrit que l'aiguille d'une boussole placée au-dessus ou au-dessous d'un circuit voltaïque ayant la même direction, c'est-à-dire circulant du sud au nord, se déviait de sa position normale et tendait à se mettre en croix avec le courant. Il constata en outre cette particularité plus remarquable encore du phénomène : passant au-dessus de l'aiguille, le courant dévie le pôle austral à l'occident, quand il vient lui-même du sud au nord ; il le dévie à l'orient, quand il vient au contraire du nord au sud : quand le courant passe au-dessous de l'aiguille, les effets sont précisément inverses, c'est-à-dire que le pôle austral est poussé à l'orient quand le courant va du sud au nord, et poussé à l'occident quand il vient du nord au sud. Pour exprimer d'une manière plus générale et plus précise à la fois le sens de la déviation, Ampère avait imaginé l'artifice suivant : il concevait qu'une petite figure d'homme était couchée le long du conducteur, les pieds du côté du pôle zinc, et la tête du côté du pôle cuivre, de telle manière que le courant, allant du zinc au cuivre, entrât par les pieds et sortît par la tête; il supposait de plus que la petite figure avait toujours la face tournée vers le milieu de l'aiguille sur laquelle agissait le courant : alors l'effet du courant est tel que l'aiguille, en se plaçant en croix, a toujours son pôle austral ou sud vers la gauche de la petite figure.

La force par laquelle le courant agit sur l'aiguille aimantée s'appela force électro-magnétique. Peu de temps après la découverte d'Œrsted, Schweigger apprit à la rendre beaucoup plus sensible à l'aide d'un instrument qui tira son nom de sa propriété fondamentale, et qui est connu sous le nom de *multiplicateur*. Cet instrument, qui est d'une sensibilité merveilleuse et met en évidence les moindres traces de l'électricité dynamique, repose sur ce fait, qu'un courant rentrant sur lui-même agit par toutes ses parties pour

diriger dans le même sens une aiguille aimantée qu'il enveloppe de toutes parts. Le fil conducteur enroulé sur lui-même et formant cent tours doit, dès lors, quand il est traversé par un même courant, produire un effet cent fois plus grand qu'un fil d'un seul tour, pourvu toutefois que le fluide électrique parcoure toutes les circonvolutions du fil sans passer latéralement d'un contour à l'autre ; c'est une condition facile à remplir. Pour faire donc un multiplicateur, on prend un fil d'argent ou de cuivre rouge plus ou moins long, d'un diamètre plus ou moins petit, et revêtu d'un fil de soie dont les tours sont très-serrés ; on l'enroule sur un petit cadre en bois ou en cuivre, à peu près comme du fil sur une bobine : seulement, on laisse libre une certaine longueur à chaque extrémité ; ces deux extrémités sont *les deux fils du multipticateur :* le courant doit entrer par l'un et sortir par l'autre ; l'aiguille, qui doit être déviée, est suspendue dans l'intérieur du cadre sur un pivot ou à un fil de cocon.

Cette découverte si féconde du physicien danois M. Oersted, considérée sous le point de vue de la télégraphie électrique, est un pas immense. Elle substitue à la manifestation pénible et obscure obtenue par la décomposition chimique un caractère aussi simple que saillant, la déviation des aiguilles ; cette nouvelle indication était même multiple, puisque la déviation suivant la direction ou la position du courant par rapport à l'aiguille avait lieu dans un sens ou dans un autre. Le télégraphe de Sœmmerring pouvait par là se simplifier beaucoup : Fechner entrevit presque aussitôt cette possibilité, qui n'échappa pas non plus à notre illustre Ampère.

*Ampère.*

Voici comment ce savant s'en explique dans un mémoire présenté à l'Académie royale des sciences le 2 octobre 1820, *Annales de physique et de chimie*, t. XV, p. 72 :

« On doit conclure de ces observations que les tensions électriques des extrémités de la pile ne sont pour rien dans les phénomènes dont nous nous occupons, car il n'y a certainement pas de tension dans le reste du circuit ; ce qui est encore confirmé par la possibilité de faire mouvoir l'aiguille aimantée à une grande distance de la pile, au moyen d'un conducteur très-long dont le milieu se recourbe dans la direction du méridien magnétique, au-dessus et au-dessous de l'aiguille. Cette

expérience m'a été indiquée par le savant illustre, Laplace, auquel les sciences physico-mathématiques doivent surtout les grands progrès qu'elles ont faits de nos jours : elle a parfaitement réussi... D'après le succès de cette expérience, on pourrait, au moyen d'autant de fils conducteurs et d'aiguilles aimantées qu'il y a de lettres, et en plaçant chaque lettre sur une aiguille différente, établir, à l'aide d'une pile placée loin de ces aiguilles, et qu'on ferait communiquer alternativement par ses deux extrémités à celles de chaque conducteur, former une sorte de télégraphe propre à écrire tous les détails qu'on pourrait transmettre à travers quelques obstacles que ce soit à la personne chargée d'observer les lettres placées sur les aiguilles. En établissant sur la pile un clavier dont les touches porteraient les mêmes lettres et établiraient la communication par leur abaissement, ce moyen de correspondance pourrait avoir lieu avec assez de facilité, et n'exigerait que le temps nécessaire pour toucher d'un côté et lire de l'autre chaque lettre. »

C'était évidemment l'idée de Sœmmerring modifiée, et M. Arago le fit observer lors de la lecture du mémoire d'Ampère.

Si l'on se rappelle que, par l'emploi de deux piles, les fils du télégraphe de Sœmmerring pouvaient, suivant la remarque de Schweigger, être réduits à deux, on en conclura que dès 1820 le télégraphe électrique eût été vraiment réalisable, si l'on avait pu parer dès lors à deux inconvénients très-graves, l'action irrégulière des piles, et surtout la décroissance rapide de leur intensité.

L'ingénieux instrument de Schweigger fournissait il est vrai le moyen de compenser la faiblesse de la pile ; mais, même avec le multiplicateur, la déviation de l'aiguille n'était que la simple manifestation du courant sans création de forces nouvelles. Or, dans ces conditions, le télégraphe électrique ne pouvait pas encore atteindre toute son utilité pratique : aussi ne fut-il réalisé qu'en petit.

### *Richtie et Alexander.*

On a affirmé que Richtie construisit sur une petite échelle le télégraphe de Sœmmerring, modifié suivant les idées d'Ampère ; il n'en est rien : seulement, dans une lecture qu'il fit à l'Institution royale, il donna quelques développements sur ce projet de télégraphie, en exprimant toutefois des doutes sérieux sur la possibilité de rendre la

télégraphie électrique praticable. Ce télégraphe ne fut exécuté et montré en public qu'en 1837 par M. Alexander d'Édimbourg. Il avait la forme d'une caisse renfermant trente fils de cuivre répondant aux vingt-six lettres de l'alphabet, à trois points et à un astérisque destiné à dénoter la fin de chaque mot : à une de leurs extrémités, les fils étaient en communication avec des touches semblables à celles d'un forte-piano ; au-dessous de chacune de ces touches se trouvaient deux lames, l'une de cuivre, l'autre de zinc, formant un couple voltaïque. Les fils, à leur autre extrémité, étaient en relation avec trente aiguilles magnétiques : quand on frappait sur une des touches, le courant s'établissait, l'aiguille correspondante était déviée à droite ou à gauche, et découvrait, en déplaçant un écran, la lettre que l'on voulait indiquer : dès que l'on retirait le doigt, le courant cessait, l'aiguille en revenant à sa position ramenait l'écran et recouvrait la lettre. Chaque lettre pouvait de cette manière être montrée à distance instantanément, et l'opérateur pouvait, à volonté, épeler tous les mots. Comme le courant exige un circuit fermé ; en d'autres termes, comme le courant doit revenir à la pile qui lui a donné naissance, il semble que M. Alexander aurait dû employer nécessairement soixante fils ; mais, par un mécanisme ingénieux, il obtint que tous les courants se fermeraient à l'aide d'un fil unique, ou que tous les retours à la pile se feraient par un même fil additionnel.

Tous ces essais ne pouvaient pas faire faire un pas à la télégraphie pratique ; elle ne pouvait devenir possible qu'à la condition que la science de l'électricité dynamique ferait encore quelques grandes conquêtes : ces conquêtes ne se firent pas attendre.

## QUATRIÈME ÉPOQUE.

Immédiatement après la brillante observation d'Œrsted, Ampère découvrit que les courants galvaniques exerçaient l'un sur l'autre une action dynamique ; que cette action était différente, suivant que les deux courants cheminaient dans le même sens ou en sens contraire ; mais que, quelle que fût la direction des deux fils conducteurs, ils s'attiraient lorsque les deux courants s'approchaient à la fois ou s'éloignaient de la perpendiculaire commune aux directions rectilignes des deux fils ; ils se repoussaient lorsque l'un des courants tendait vers la perpendiculaire, tandis que l'autre s'en éloignait. Il prouva plus tard

qu'un fil de cuivre recouvert de soie, enroulé en hélice et parcouru par un courant, se comportait comme un courant : de telle sorte que ce petit appareil, qu'Ampère appelait un *solénoïde*, pouvait remplacer parfaitement une aiguille aimantée. Cette découverte si nouvelle n'ajouta rien à la télégraphie électrique, parce que l'emploi des aiguilles aimantées est plus facile que celui des solénoïdes.

M. Arago mit le premier en évidence, vers la même époque, les propriétés magnétisantes des courants électriques. Il vit d'abord que si l'on plongeait dans de la limaille de fer une portion du fil qui joint les deux pôles d'une pile, la limaille s'enroulait autour du fil et y restait adhérente tant que le courant passait : elle se détachait et tombait aussitôt que le circuit était rompu. Il vit encore que de petites aiguilles d'acier présentées au courant s'y attachaient en se mettant en croix avec lui, et conservaient leur magnétisme quand on les en séparait. Il était naturel de penser, d'après les premières expériences d'Ampère, que, pour donner au courant toute son efficacité magnétisante, il fallait le faire passer transversalement autour des aiguilles, en plaçant ces dernières dans un tube de verre sur lequel un fil de métal s'enroulerait en hélice, ou plus simplement dans l'hélice formée par un fil de cuivre entouré de soie. C'est ce que firent MM. Arago et Ampère : un seul instant suffisait pour aimanter les aiguilles complétement. La rapidité ou plutôt l'instantanéité avec laquelle le courant surmonte la force coercitive est un phénomène très remarquable. La position des pôles est déterminée par la direction des spires de l'hélice ; or l'on distingue deux espèces d'hélice : l'hélice *dextrorsum*, dans laquelle le fil s'enroule vers la droite, et l'hélice *sinistrorsum*, dans laquelle il s'enroule vers la gauche. Dans l'hélice *dextrorsum*, le pôle boréal de l'aiguille est toujours à l'extrémité par laquelle entre le courant, ou bien à l'extrémité positive du fil ; dans l'hélice *sinistrorsum*, au contraire, c'est le pôle austral de l'aiguille qui se trouve à l'extrémité positive. Lorsqu'on met à la suite l'une de l'autre plusieurs hélices de sens contraire, l'aiguille offre alors dans son magnétisme un point conséquent ou neutre, à la jonction des deux hélices : ainsi chacune d'elles agit encore comme si elle était seule. Quand l'aiguille placée dans l'hélice est d'acier, son aimantation persiste, elle devient réellement une aiguille aimantée ordinaire. Elle n'aurait été aimantée que temporairement si elle avait été en fer, son aimantation aurait cessé immédiatement avec la rupture du courant.

Le fait de l'aimantation au moyen de la pile était plus important encore et plus riche d'avenir que le fait de déviation observé par OErsted. Joint au principe du multiplicateur de Schweigger, il fournissait le moyen de transformer le fer doux en aimants d'une très-grande puissance, aimants d'autant plus avantageux que, ne tirant leur force que de la présence du courant, ils peuvent se faire et se défaire en un instant autant de fois que l'on veut, puisqu'il suffit pour cela de fermer le courant ou de le rompre. Ces aimants artificiels s'appelèrent *électro-aimants*. Ils se composent en général d'un fer à cheval dont les deux branches sont enveloppées d'un très-long fil de cuivre recouvert de soie, enroulé comme dans le multiplicateur. Il paraîtrait que M. Sturgeon aurait eu le premier l'idée de ces puissants électro-aimants. Celui de M. Pouillet, construit en 1831, porte aisément plus de mille kilogrammes quand le courant est produit par une pile de vingt-quatre couples. M. Henry, aux États-Unis, et M. Robert, à Manchester, ont obtenu des résultats véritablement incroyables : des électro-aimants temporaires supportent un poids de plusieurs tonneaux. Nous verrons tout à l'heure le parti que l'on a tiré de cette découverte dans la télégraphie électrique.

En 1831, M. Faraday fit faire de son côté à la science un pas de géant en découvrant les phénomènes d'induction. Il démontra que lorsqu'un circuit conducteur fermé commence à recevoir sur quelques-uns de ses points l'action d'un courant donné, il est traversé par un courant inverse ; que lorsqu'il cesse de recevoir cette action, il est traversé par un courant direct ; enfin que, pendant qu'il reçoit cette action d'une manière constante, il n'est traversé par aucun courant et n'éprouve aucune modification apparente sensible. L'action sur le circuit fermé qui donne naissance au courant d'induction peut d'ailleurs être produite par un courant primitif ou par un aimant. Il suffira donc de faire tourner un électro-aimant ou une bobine disposée en électro-aimant devant un fer à cheval aimanté pour obtenir des courants même intenses. Le courant induit est, comme nous venons de le dire, double : inverse d'abord, direct ensuite ; mais il sera très-facile de le réduire à un courant simple, sensiblement homogène et continu : il suffira pour cela d'imprimer à l'électro-aimant un mouvement de rotation rapide, et de recueillir seulement le courant qui se produit pendant le passage de l'une de ses branches dans une position qu'il est aisé de déterminer. Ces dispositions ont été réalisées

d'abord par Pixii fils : d'autres constructeurs ont établi depuis des appareils portatifs très-commodes, très-puissants, et qui produisent tous les effets de la pile. Les effets d'aimantation obtenus par ces appareils furent d'abord très-bornés, parce qu'on recommandait toujours de se servir de la bobine à fil gros et court. Je crois avoir reconnu le premier, à l'aide d'une petite machine sortie des ateliers d'un constructeur habile et fort ingénieux, M. Billant, que cette recommandation était une grosse erreur, et que l'on obtenait au contraire des électro-aimants excessivement puissants en se servant d'une bobine à fil très-fin et très-long. Dans les expériences que je fis à ce sujet avec M. l'abbé Raillard, nous parvînmes à faire porter au gros électro-aimant de M. Pouillet un poids de près de 600 kilogrammes, par le seul courant de la petite machine de Billant. Le fil très-mince de la bobine employée avait 1500 mètres de longueur : l'électro-aimant que l'artiste avait joint primitivement à sa machine ne pouvait porter que quelques grammes! Ces expériences se firent en juillet 1838 ; je les répétai devant beaucoup de savants, et en particulier devant MM. Masson et Bréguet, qui, frappés des résultats que j'avais obtenus, se servirent de la bobine à fils longs pour faire mouvoir à distance un barreau aimanté, ce à quoi ils réussirent avec la plus grande facilité. Ils firent plus, ils transportèrent cette même petite machine au chemin de fer de l'entrepôt du Gros-Caillou, et virent non sans étonnement que la conductibilité du circuit formé par les rails était sensiblement la même que celle d'un fil de cuivre continu d'égale longueur, et d'un millimètre de diamètre ; que les interruptions des rails ne diminuaient pas la conductibilité ; que le courant de la petite machine électro-magnétique, après avoir traversé sans peine cette grande longueur de rails, était encore assez intense pour faire dévier le barreau aimanté, etc. Le récit de cette excursion fut communiqué à l'Académie des sciences par MM. Masson et Bréguet, dans la séance du lundi 9 octobre 1838.

J'ai insisté sur ces principes, parce qu'ils sont encore trop peu connus. M. Pouillet lui-même, dans sa description de l'appareil magnéto-électrique, assigne la bobine à fils gros et courts comme devant être employée pour obtenir des électro-aimants. Et d'ailleurs, il est aujourd'hui bien reconnu que l'un des plus excellents moteurs dans les télégraphes électriques est une machine électro-magnétique armée d'une bobine à fil très-mince, et dont la longueur toujours im-

mense doit être dans un certain rapport avec la longueur de la ligne télégraphique.

Qu'on me permette de relater encore ici un fait qui me surprit vivement quand je le vis pour la première fois à une époque où les lois de la résistance du courant étaient peu connues ou peu appliquées. La bobine à fil gros et court ne communiquait aucune aimantation au gros électro-aimant de M. Pouillet, formé d'un fil de cuivre d'environ mille mètres de longueur et de deux tiers de millimètre de diamètre; il aimantait seulement le petit morceau de fer doux remis par l'artiste, entouré d'un fil assez gros et d'un mètre au plus de longueur. La bobine à long fil, au contraire, donnait une puissance énorme à l'électro-aimant de M. Pouillet, et n'aimantait en aucune manière le petit morceau de fer doux. Les lois découvertes et analysées par MM. Ohm et Pouillet expliquent très-bien cette étrange anomalie. Le courant d'induction ne produit des effets appréciables que lorsque la longueur du fil qui le reçoit à son origine est dans un certain rapport avec le fil qu'il doit ensuite traverser, ce qui revient à dire qu'il doit exister une certaine proportion entre la puissance et la résistance. Si la puissance est trop grande, la résistance trop faible, le courant passe sans faire sentir sa présence; si la puissance est trop faible, la résistance trop grande, le courant est comme arrêté dans sa marche et ne produit rein; il faut qu'il traverse le fil conducteur avec une certaine difficulté, mais cette difficulté doit être maintenue entre certaines limites.

La découverte immortelle de l'induction, entrevue par M. Arago et formulée par Faraday, a donc amené la réalisation d'un producteur d'électricité dynamique qui convient essentiellement à la télégraphie électrique. Nous allons voir bientôt que ces principes suffisent aussi à la mise en action des forces dont on peut avoir besoin pour mettre en jeu les différentes parties de l'appareil.

On peut cependant, dans beaucoup de cas, substituer à la machine électro-magnétique la pile à effet constant, dont il me reste à dire quelques mots. M. Becquerel avait fait connaître depuis longtemps les principes simples à l'aide desquels on pouvait construire les appareils voltaïques à courants constants, il est vrai, mais très-faibles, dont il se servit dans ses recherches électro-chimiques.

Plusieurs années après, M. Daniell, véritable inventeur de la pile à courant constant, construisit la batterie galvanique très-interse qui

porte son nom, et qui est devenue un appareil tout à fait pratique. Cette pile, comme la pile de Wollaston, se compose de deux métaux, cuivre et zinc; mais le cuivre plonge dans une solution de sulfate de cuivre; et le zinc, qu'il convient d'amalgamer, dans une dissolution de sulfate de zinc ou de chlorure de sodium. Quand on maintient la solution de cuivre au même degré de saturation, la pile de Daniell donne un courant dont l'intensité reste sensiblement la même pendant des semaines entières. On a varié de mille manières la disposition de cette pile et la nature des deux liquides employés. M. Bunsen a substitué au cuivre des cylindres de charbon, aux sulfates de cuivre et de zinc l'acide sulfurique et l'acide nitrique, et il a ainsi obtenu une pile excellente, aujourd'hui très-employée, surtout quand on veut obtenir des effets énergiques. Il est aussi des piles à effet constant formées d'un seul liquide; je n'indiquerai ici que celle de M. Wheatstone. Son élément se compose d'un vase poreux de terre rouge à moitié cuite que l'on remplit d'un amalgame pâteux de zinc: ce vase repose au centre d'un vase de verre ou de porcelaine que l'on remplit de sulfate de cuivre; dans l'amalgame, on plonge un fil de cuivre, qui est le pôle négatif de la pile; autour du vase poreux et dans le bain de sulfate de cuivre est une lame de cuivre communiquant à un fil de même métal et formant le pôle positif de la pile. Si les fils communiquent, l'action est vive, l'eau est décomposée, le zinc s'oxyde, l'amalgame devient négatif, et cette électricité négative se transmet immédiatement à la feuille de cuivre qui plonge dans le bain de sulfate de cuivre; l'hydrogène positif résultant de la décomposition de l'eau se rend donc au cuivre, et là il réduit l'oxyde du sulfate pour donner lieu à un dépôt de cuivre métallique, tandis que l'acide devient libre pour se combiner avec l'oxyde de zinc. Ainsi, pour un équivalent de zinc oxydé, il y a un équivalent de cuivre revivifié. Le sulfate de zinc qui se forme s'élève au-dessus de l'amalgame. Cet élément a une force sensiblement constante, autant du moins que le vase poreux permet une circulation également libre des liquides, et que la dissolution de sulfate de cuivre est maintenue à un degré convenable de saturation. Je n'ai décrit ici cette pile que parce que j'aurai besoin de la rappeler dans la suite de cet ouvrage.

Nous venons d'énumérer avec d'assez longs détails les grandes découvertes par lesquelles la science devait enfin rendre possible la solution du grand problème qui nous occupe. Tous les éléments du

succès sont réunis ; à qui appartiendra ou plutôt à qui appartient la grande gloire de la réalisation pratique du télégraphe électrique? Les faits que nous allons raconter avec impartialité, après avoir fait de cette matière délicate l'objet d'une étude approfondie, parleront d'eux-mêmes.

Remarquons d'abord qu'il n'est guère de physicien à qui l'idée ne se soit présentée d'employer l'électricité comme moyen télégraphique, et que le plus grand nombre de ces physiciens ont cédé au désir de donner de la publicité à leurs procédés. M. Wheatstone disait en 1838 à M. Quételet qu'il avait déjà recueilli pour sa part les noms de soixante-deux prétendants à la découverte. Au milieu de tous ces noms, quelques-uns dominent ; évidemment, dans cette notice abrégée, nous ne pourrons examiner les droits que de ceux-ci.

### *Morse.*

On prétend faire remonter à 1832 le télégraphe de M. Morse, qui a fait beaucoup de bruit il y a quelques années. Examinons cette date : laissons d'abord parler M. Morse. Voici en grande partie la note qu'il remit aux secrétaires perpétuels de l'Académie, dans la séance du 10 septembre 1838, en même temps qu'il présentait son instrument et le mettait en jeu.

« M. Morse croit que son instrument est la première application réalisable qui ait été faite de l'électricité à la construction d'un télégraphe. Cet instrument fut inventé, dit il, en octobre 1832, pendant que l'auteur se rendait d'Europe en Amérique sur le paquebot *le Sully*. Le fait est certifié par le capitaine du bâtiment et par plusieurs passagers. Au nombre de ces derniers se trouvait M. Rives, ministre des États-Unis auprès du gouvernement français : M. Rives a écrit à M. Morse, à la date du 21 septembre 1837 :

» Je me rappele parfaitement que vous m'exposâtes l'idée de votre ingénieux instrument pendant le voyage que nous fîmes ensemble dans l'automne de 1832. Je me rappelle aussi que, durant nos nombreuses conversations sur ce sujet, je vous fis diverses difficultés, et que vous les levâtes avec promptitude et confiance, etc.

» W. C. RIVES. »

Dans la lettre du capitaine du paquebot, M. W. Pell, en date du 27 septembre 1837, nous remarquons particulièrement ce passage :

« Lorsque j'examinai votre instrument il y a peu de jours, j'y reconnus les principes et les arrangements que je vous avais entendu développer à mon bord, en octobre 1832. . . . . »

La note ajoute :

« Depuis l'époque à laquelle remonte l'invention du télégraphe de M. Morse, d'autres appareils, fondés sur les mêmes principes, ont été annoncés, parmi lesquels les plus célèbres sont ceux de M. Steinheil, de Munich, et de M. Wheatstone, de Londres; les mécanismes diffèrent beaucoup. »

Il semble résulter de ces assertions que M. Morse avait, en effet, conçu en 1832 l'idée de son télégraphe électrique. Mais comment a-t-on pu dire que c'étaient des documents incontestés, quand, dans les comptes-rendus de l'Académie, séance du 4 mars 1839, nous lisons l'extrait suivant d'une lettre adressée par un compatriote de M. Morse, M. Jackson, à M. Élie de Baumont :

« Je regrette de voir dans les papiers publics que le professeur Samuel J.-B. Morse s'est approprié mon télégraphe électro-magnétique. Je lui expliquai cet instrument tout au long, à bord du paquebot *le Sully*, quand je revenais en Amérique, dans le mois d'octobre 1832. Je suis peiné du patronage immérité que les savants français ont accordé à M. Morse : l'invention qu'il leur a montrée m'appartient en entier. Dès que je sus quelles étaient ses prétentions à ce sujet, je lui adressai ma protestation; mais je vois qu'il persévère. Je vous en prie, informez l'Académie que M. Morse n'a pas inventé le nouveau télégraphe, et que je lui en donnai la description en octobre 1832. »

Cette lettre annule évidemment l'effet de celles de MM. Rives et Pell; car, alors même que M. Morse aurait réellement entretenu ces messieurs d'un plan de télégraphe, ainsi qu'ils l'affirment, rien ne prouve absolument que le télégraphe en question n'est pas celui dont M. Jackson assure avoir confié la description à cette même date, dans le même voyage. Ce qui est prouvé invinciblement par la note du compte-rendu, ce qui est avoué par M. Morse, c'est qu'entre l'époque à laquelle remonterait l'invention de M. Morse, et la date certaine de la publicité qu'il lui donna en septembre 1837, *d'autres appareils fondés sur les mêmes principes ont été annoncés,*

*parmi lesquels les plus célèbres sont ceux de M. Steinheil de Munich et de M. Wheatstone de Londres.*

Dans sa belle notice sur les travaux du grand Herschel, M. Arago établit en principe qu'il n'y a qu'une manière rationnelle et juste d'écrire l'histoire des sciences : c'est de s'appuyer exclusivement sur des publications ayant date certaine; hors de là, dit-il, tout est confusion et obscurité. Cette règle est peut-être sévère; mais, ajoute l'illustre secrétaire, « quelle plainte légitime pourrait faire entendre celui qui, amoureux de ses découvertes comme l'avare l'est de ses trésors, les enfouit, se garde même de les laisser soupçonner, de peur que quelque autre expérimentateur les développe et les féconde! Le public ne doit rien à qui ne lui a rendu aucun service. Oh! je vous entends! vous vouliez prendre le temps de compléter votre ouvrage, de le suivre dans toutes ses ramifications, d'en indiquer les ap lications utiles! Libre à vous, messieurs, libre à vous; mais c'est à vos risques et périls. D'ailleurs vos craintes de spoliation sont exagérées. Où a-t-on vu, en effet, que le monde scientifique ait manqué de poursuivre de ses poignants sarcasmes, de ses justes colères, de ses écrasants mépris, les personnages stériles qui, aux aguets des travaux de leurs contemporains, ne manquent jamais de se jeter sur un filon le lendemain même du jour où quelque heureux explorateur l'a découvert, qui se montrent sans cesse aux croisées, à tous les étages des édifices en construction, dans l'espérance qu'on les en croira les architectes ou les propriétaires? Le plus simple bon sens veut que pendant un temps limité, mais suffisamment étendu, une possession privilégiée, absolue, soit accordée aux inventeurs; cette stricte justice leur a-t-elle jamais été refusée? Si un homme déloyal va moissonner sur le champ qu'il n'a pas ensemencé, la réprobation générale est là pour le punir! Non, non! il ne faut pas s'y tromper : en matière de découvertes comme en toute autre chose, l'intérêt public et l'intérêt privé bien entendu marchent toujours d'accord.

» J'ai parlé de publication, dit enfin M. Arago; j'appelle ainsi toute lecture académique, toute leçon faite devant un nombreux auditoire, toute reproduction de la pensée par la presse. Les communications privées n'ont pas l'authenticité nécessaire. Les certificats d'amis sont sans valeur; l'amitié manque souvent de lumières et se laisse fasciner. »

Qui n'adopterait pleinement ces principes? Et en les appliquant à

M. Morse, on sera forcé d'admettre que ses prétentions à l'invention du télégraphe électrique ne sont pas plus fondées que celles de M. Jackson. MM. Wheatstone et Steinheil, et, à plus forte raison, MM. Gauss et Weber ont sur lui la priorité.

Voici en quoi consiste l'appareil de M. Morse :

« Le télégraphe américain n'emploie qu'un seul circuit; à l'extrémité du circuit où les nouvelles doivent être reçues est un appareil nommé le *register*, ou rapporteur. Il consiste en un électro-aimant dont le fil enveloppe forme le prolongement du fil du circuit.

» L'armature de cet aimant est attachée au bout d'un petit levier qui, par l'extrémité opposée, porte une plume. Sous cette plume est un ruban de papier qui marche à volonté à l'aide d'un certain nombre de rouages. A l'autre extrémité du circuit, c'est-à-dire à la station d'où les nouvelles doivent partir, existe un appareil nommé *portrule* ou porte-composteur. Il consiste en une batterie ou générateur de galvanisme, aux deux pôles de laquelle finit le circuit; près de la batterie (l'auteur a voulu dire la pile), une portion de ce circuit est brisée; les deux extrémités disjointes sont introduites dans deux coupes de mercure contiguës.

» A l'aide d'un fil en fourche attaché à l'extrémité d'un petit levier, les deux coupes peuvent à volonté être mises en connexion entre elles, ou laissées isolées. Ainsi, le circuit est fermé ou rompu quand on le veut. Le jeu du mécanisme est le suivant.

» Quant le circuit est fermé, l'aimant est chargé; il attire l'armature, et le mouvement de celle-ci fait que la plume touche le papier. Lorsque le circuit est fermé et ouvert rapidement, il se produit sur le papier mobile de simples points; si, au contraire, il reste fermé pendant un certain temps, la plume marque une ligne d'autant plus longue que la fermeture est elle-même plus longue. Le papier offre un large intervalle de blanc si le circuit reste ouvert un temps considérable. Ces points, ces lignes et les espaces blancs conduisent à une grande variété de combinaisons. A l'aide de ces éléments, M. le professeur Morse a construit un alphabet et les signes des chiffres. Les lettres peuvent être écrites avec une grande rapidité au moyen de certains types que la machine fait mouvoir avec exactitude, et qui impriment au levier portant la plume des mouvements convenables. On trace quarante à quarante-cinq de ces caractères en une minute.

» Le register ou rapporteur est sous le contrôle de la personne qui

envoie une nouvelle : en effet, depuis l'extrémité nommée porte-composteur, le mécanisme du rapporteur peut être mis en mouvement à volonté et arrêté de même. La présence d'une personne pour recevoir la nouvelle n'est donc pas nécessaire, quoique cependant le son d'une cloche mise en tintement par le mécanisme annonce que l'on va commencer à écrire. »

Les *Comptes-rendus* ajoutent que la distance à laquelle le télégraphe américain a été essayé est de dix milles anglais, ou de quatre lieues de poste de France; que les expériences eurent pour témoins une commission de l'Institut de Franklin de Philadelphie, et un comité nommé par le congrès des États-Unis; que les rapports des deux commissions furent extrêmement favorables; que le comité du congrès proposa de consacrer 30,000 dollars, 150,000 francs, à une expérience en grand de ce mode de communication; que la dépense de construction du nouveau système télégraphique serait, suivant M. Morse, de 3,500 francs par mille anglais, ce qui revient à 14,000 francs par lieue de poste de France; que la machine qu'il faudrait à chaque extrémité ne coûterait pas plus de 1,500 francs. M. Morse pense que les fils, une fois placés, dureraient un demi-siècle, à moins que la malveillance ne les brisât.

En résumé, je ne crois pas pouvoir faire remonter au delà de 1837 l'invention du télégraphe de M. Morse; mais le célèbre professeur de l'université de New-York n'en a pas moins conquis un brillant titre de gloire. Il a grandement perfectionné son appareil, en substituant à la plume un poinçon qui trace en relief des points et des lignes sur un papier épais : ainsi modifié, le télégraphe Morse fonctionne avec une régularité merveilleuse en Amérique sur d'immenses lignes, et en Allemagne sur quelques chemins de fer.

## *Schilling.*

M. Amyot, dans une note présentée à l'Académie des sciences le 9 juillet 1838, raconte qu'en 1832 ou 1833 M. le baron Schilling, qui n'était point, à ce qu'il paraît, un physicien, un savant, mais un simple amateur, construisit à Saint-Pétersbourg un télégraphe électrique qui consistait en un certain nombre de fils de platine isolés et réunis dans une corde de soie, lesquels mettaient en mouvement, à l'aide d'une espèce de clavier, cinq aiguilles aimantées placées dans

une position verticale, au centre du multiplicateur. Il avait joint à son appareil un mécanisme fort ingénieux dont l'idée était à lui et consistait dans une montre à sonnerie, espèce de réveil qui, lorsque l'aiguille tournait au commencement de la correspondance, était mise en jeu par la chute d'une petite balle de plomb que faisait tomber la pointe de l'aiguille aimantée. L'empereur actuellement régnant fut témoin d'expériences faites sous ses yeux avec ce télégraphe; mais le baron Schilling étant mort quelque temps après, on n'a pas pu tirer parti de son habileté pour l'établissement de ce genre de correspondance sur une grande échelle, ce qui paraît faire l'objet d'un vif désir de la part du gouvernement russe.

Schilling, par les dix mouvements dont ses cinq aiguilles étaient susceptibles, n'indiquait que les dix chiffres dont les combinaisons données par un dictionnaire spécial formaient tous les signaux possibles.

### *Gauss et Weber.*

Dès 1834, deux des plus illustres savants de l'Allemagne, MM. Gauss et Weber, entrèrent noblement dans la lice, en établissant au moyen de l'électricité une communication télégraphique entre l'observatoire et le cabinet de physique de l'Université de Gœttingue. Leurs premières expériences ont été mentionnées dans les *Publications scientifiques de Gœttingue* pour 1835 et dans l'*Annuaire de Schumacher* pour 1836. Ils les répétèrent et les perfectionnèrent plus tard en utilisant les phénomènes d'induction magnétiques découverts vers ce temps-là par M. Faraday. Les mouvements divers, ou les oscillations lentes d'un barreau aimanté, causés par le passage du courant, et observés à l'aide d'une lunette, fournissaient à MM. Gauss et Weber tous les signaux dont ils avaient besoin pour correspondre avec facilité et promptitude. Il n'est du reste pas douteux que ces habiles physiciens aient plutôt eu en vue de montrer la possibilité des télégraphes électriques que de réunir les conditions nécessaires pour le faire servir à la pratique d'une manière permanente.

### *Steinheil.*

Les recherches et les tentatives de M. Steinheil précédèrent incontestablement celles de M. Wheatstone; son télégraphe était construit

en juillet 1837. La description que nous allons reproduire a été communiquée à l'Académie des sciences dans la séance du 10 septembre 1838. J'ai respecté le style des *Comptes rendus!*

« Le télégraphe de M. Steinheil est une application des découvertes successives et fondamentales d'OErsted et de Faraday, et du multiplicateur de Schweigger.

» Dans un fil de 36,000 pieds de longueur, de trois quarts de ligne d'épaisseur, et retournant sur lui-même, M. Steinheil produit un courant galvanique par l'action d'une machine magnéto-électrique semblable à celle de Clarke, mais construite de manière que la résistance dans l'appareil générateur soit très-grande par rapport à celle qui a lieu dans le conducteur, c'est ainsi qu'il appelle le fil de cuivre. Ce conducteur forme sur différentes stations des multiplicateurs de 400 à 600 révolutions en fil de cuivre isolé, très-fin, autour d'une aiguille aimantée, posée sur un axe vertical terminé par deux pointes.

» Les déviations produites par le courant galvanique sur ces aiguilles aimantées ont lieu instantanément ; elles donnent le moyen d'obtenir les signes télégraphiques. On voit qu'il n'existe que deux signes différents produits : l'un, lorsque le courant est dirigé dans un sens, et l'autre résultant de la direction du courant en sens inverse. On dirige à volonté le courant en tournant la machine à rotation dans un sens ou dans l'autre. Les aiguilles aimantées, après leurs déviations analogues, sont ramenées à leur position primitive par l'action des forces magnétiques de deux petits aimants régulateurs. Sur chaque station, on a un appareil à rotation qui produit la force déviatrice, et un autre qui donne les signes par suite des déviations produites.

» Partout où passe le conducteur, on possède une force agissant instantanément selon la volonté de celui qui la produit. Il n'en faut pas davantage pour communiquer les idées : il suffit de bien choisir les signes au moyen desquels elles doivent être représentées.

» Un télégraphe dont les signes ne sont que visibles ne peut jamais être parfait, parce qu'il exige une attention continuelle de la part des observateurs. Pour rendre son télégraphe exempt de cet inconvénient, M. Steinheil a tâché de produire des sons qui, frappant l'ouïe, peuvent faire du langage télégraphique une imitation de la parole. Pour atteindre ce but, M. Steinheil place à côté des deux aiguilles aimantées deux petites cloches donnant chacune un son qui lui est propre, et qui se distingue facilement de celui de la cloche voisine. Chaque déviation

d'une aiguille occasionne de la part de celle-ci un choc contre la cloche correspondante ; et comme on produit à volonté la déviation de l'une ou de l'autre des deux aiguilles en dirigeant le courant galvanique dans un sens ou dans l'autre, on obtient instantanément le son que l'on désire.

» M. Steinheil ne s'est pas borné, dans la disposition de son télégraphe, à la production de sons fugitifs ; il a voulu aussi fixer ces sons en traçant sur le papier des signes qui les rappelassent. Il y est parvenu en faisant avancer, au moyen de la direction des deux aiguilles aimantées, deux petits tubes pointus munis d'une encre particulière. A chaque coup de cloche, on peut voir l'une des pointes s'avancer contre une bande étroite de papier qui se meut très lentement avec une vitesse uniforme devant ces pointes, et y dépose un point bien distinct représentant la note musicale que la cloche a fait entendre. Les points ou notes laissés par chaque pointe sont sur une même ligne : il y a donc deux lignes de notes.

» En combinant les sons et les notes jusqu'à quatre, M. Steinheil a obtenu un alphabet parlé et un alphabet écrit comprenant les lettres nécessaires pour écrire tous les mots de la langue allemande, et, de plus, les chiffres. On a pu voir dans un dessin qui a été mis sous les yeux de l'Académie la disposition des points pour former les signes au moyen desquels il représente et les lettres et les chiffres.

» Les sons peuvent être produits dans un temps très-court ; il est facile d'en obtenir quatre pendant une seconde. Des intervalles plus grands séparent les lettres et les mots. C'est par habitude que l'on parvient à comprendre la musique produite par le son du télégraphe, et à lire les signes qui résultent de l'arrangement des notes laissées sur la bande de papier continue. La mémoire est facilitée par une certaine analogie que M. Steinheil a cherché à établir entre la forme des lettres et la figure résultant de la réunion des notes par des lignes droites.

» M. Steinheil pense donc avoir inventé le premier télégraphe dans le sens véritable du mot, c'est-à-dire un appareil qui parle un langage facile à comprendre, et qui écrit lui-même ce qu'il dit, ou plutôt ce qu'on lui fait dire.

» L'appareil est simple et solide. Depuis un an qu'il était construit, en juillet 1838, il n'avait encore exigé aucune réparation.

» Un fait digne de remarque, et que l'on peut observer sur le con-

ducteur employé par M. Steinheil, est que ce conducteur n'a point éprouvé d'oxydation; la galvanisation l'en a préservé, malgré son exposition à l'air sur une grande longueur.

» Le télégraphe galvanique établi à Munich part de l'observatoire de M. Steinheil, *Lerchenstrasse;* en ce point le conducteur est réuni à une plaque de cuivre enterrée. Partant de là, le fil de cuivre traverse dans l'air, et, par-dessus les maisons, la partie de la ville comprise entre *Lerchenstrasse* et les bâtiments de l'Académie des sciences, où une seconde station a été établie.

» De l'Académie, le conducteur se rend à l'observatoire royal à *Bogenhausen*, troisième station, après avoir traversé dans l'air, et par-dessus les tours et les édifices élevés, le reste de la ville, puis l'Issar, fleuve qui la longe d'un côté, puis la montagne appelée *Gasteig*, et enfin la ville de Haidhausen, qui est comme un faubourg de Munich. La longueur du trajet est d'environ une lieue trois quarts d'Allemagne.

» A l'observatoire royal, à Bogenhausen, le fil aboutit, comme au point de départ, à une plaque de cuivre enfoncée dans la terre.

» Quoique la terre ne soit que peu douée de la faculté conductrice en comparaison des métaux, le courant galvanique traverse la distance dont il vient d'être parlé avec une résistance d'autant plus petite qu'on augmente davantage la surface des plaques enterrées. Celles qui sont appliquées aux deux extrémités du conducteur, à Lerchenstrasse et à Bogenhausen, n'ont que six pouces de côté.

» On voit donc que le même moyen peut être appliqué pour des distances très considérables. Des mesures numériques de résistance, pour diverses compositions du terrain, laissent à M. Steinheil la certitude que l'application de cette découverte ne sera limitée ni par la distance ni par la nature du terrain.

» Depuis la construction de son premier télégraphe galvanique, M. Steinheil a imaginé des moyens nouveaux propres à simplifier la solution du problème qu'il s'est posé. Il a trouvé, par exemple, que la terre peut servir comme moitié de conducteur; découverte qui serait de la plus grande importance, si, comme il n'en doute pas, ses prévisions se réalisent.

» M. Steinheil annonce qu'il a déterminé par l'observation la loi suivant laquelle les forces galvaniques se dispersent en passant à travers la terre, ou par les eaux d'une grande étendue. Ce travail, dont l'au-

teur attend des résultats merveilleux, sera publié incessamment. »

Il y a évidemment dans ce projet d'excellentes choses, un véritable progrès. Le fait reconnu de la *suffisance* (ce mot ne peut être remplacé par rien) d'un conducteur unique pour conduire et ramener le courant avec l'aide de la terre mise en communication avec les deux extremités du fil, est une très-grande découverte qui restera, et dont dépend en grande partie l'avenir de la télégraphie électrique.

L'emploi des machines magnéto-électriques, cette disposition heureuse des multiplicateurs placés aux diverses stations, lesquelles peuvent devenir tour à tour des centres de correspondance ou les points de départ des dépêches que l'on veut transmettre, sont aussi une disposition très ingénieuse qui sera définitivement adoptée. Ces réflexions nous forcent à conclure que M. Steinheil peut réclamer justement une grande part de gloire dans la solution maintenant complète du beau et grand problème de la télégraphie.

## *Amyot.*

Un peu avant MM. Morse et Steinheil, M. Amyot avait adressé à l'Académie des sciences, séance du 2 juillet 1838, une note que j'ai déjà citée et dans laquelle je trouve le passage suivant :

« Quant à moi, après avoir étudié la question autant qu'il m'a été possible, je l'ai résumée à l'emploi d'un seul courant, d'une seule aiguille qui écrit d'elle-même sur le papier, et avec une précision mathématique, la correspondance que transmet à l'autre extrémité une simple roue sur laquelle on a écrit dans son cabinet, à l'aide de pointes différemment espacées, comme sur les roues de nos orgues de Barbarie, laquelle roue tourne régulièrement par un ressort de montre. De cette manière on n'a donc qu'à écrire en espèce de caractères mobiles la nouvelle qu'on veut transmettre. Ce genre de dépêches est déposé dans une boîte, et au même instant elle s'écrit toute seule à la distance où on l'envoie. Les agents qui l'attendent là n'ont qu'à recueillir le papier, qui se meut aussi régulièrement par une machine, et à le porter sous les yeux de ceux qui savent lire le chiffre. Dans ce mode d'exécution aucune erreur n'est à craindre, puisque tout marche comme une horloge. »

Ce mécanisme est très-simple, très-ingénieux, en théorie du moins :

l'exécution était plus difficile. Dans une lettre écrite à l'Académie des sciences le 26 février 1849, M. Amyot s'exprime ainsi. « Ce que je tiens à constater, c'est que j'ai fait exécuter chez Lerebours à Paris, à l'époque de mes communications à l'Académie, juillet 1838, mon appareil de télégraphie électrique, sur la demande de M. le baron de Meyendorff qui l'a envoyé à Saint-Pétersbourg; que j'ai offert à cette époque à M. Foy, directeur des lignes télégraphiques, de le faire exécuter pour le compte de son administration, et qu'il m'a répondu que l'invention étant devenue publique, l'administration le ferait exécuter elle-même, si elle le jugeait convenable; que d'ailleurs la loi s'opposait à toute construction télégraphique en dehors de son administration; et qu'enfin M. Savary était le rapporteur nommé sur ma première communication, décembre 1837, et mon collaborateur. » M. Amyot a communiqué depuis à l'Académie, en décembre 1838, une série de tableaux offrant un mode de langue et un système de signes qu'il propose pour la correspondance télégraphique.

## *Masson et Bréguet.*

M. Masson, alors professeur de physique à Caen, adressa dans la même séance à l'Académie une lettre, dans laquelle il annonçait qu'il avait fait au collége de cette ville un essai de télégraphie électrique, sur une distance d'environ 600 mètres. Il employait, pour développer le courant qui devait agir sur des aiguilles aimantées aux deux extrémités du circuit, l'appareil magnéto-électrique de Pixii. L'essai de M. Masson avait très-bien réussi. Plus tard, en octobre 1838, M. Masson, associé cette fois à M. Bréguet fils, un des membres de la commission actuelle du télégraphe de Rouen, répéta son expérience au chemin de la Gare, dans les circonstances que nous avons dites. Ces essais sont évidemment tout à fait incomplets, si on les compare aux résultats obtenus par MM. Steinheil et Morse. MM. Masson et Bréguet ont de plus adressé à l'Académie, sous dépôt cacheté, la description d'un nouveau télégraphe électrique. Beaucoup d'autres inventions semblables, celles entre autres de MM. Deval, Bellon, Baillet-Sondalot, etc., etc., sont aussi restées ensevelies dans des paquets cachetés : nous n'avons donc pas à en parler. Ce précis historique nous conduit enfin à l'époque de la réalisation en grand du télégraphe électrique.

## CHAPITRE III.

### CINQUIÈME ÉPOQUE.

### *Wheatstone.*

Le 12 juin 1837, M Wheastone prit en Angleterre sa première patente : je dis le 12 juin, et non le 12 décembre, comme l'affirme le bibliothécaire des Arts et métiers. M. Boquillon ne peut pas ignorer qu'en Angleterre, comme en France il y a dans l'obtention d'un brevet d'invention ou d'une patente, deux temps fort distincts que les Anglais désignent par les mots *sealed* et *specified*. Il y a d'abord le dépôt de la spécification et des plans, suivi immédiatement de la concession provisoire ; puis au bout de six mois il y a la concession définitive du brevet ou de la patente avec le gâteau de cire, concession dont la délivrance en Angleterre suppose la présence de l'inventeur sur le sol anglais et la formalité préalable de sa signature, qui ne peut être donnée par procureur. C'est par mégarde sans doute que M. Boquillon donne pour date à la patente de M. Wheatstone cette seconde époque, tandis que la première est la seule date authentique de toute invention et le point de départ des droits sacrés de l'inventeur. Le mois de juin 1837 est donc l'époque certaine à laquelle remonte le télégraphe de M. Wheatstone. Un article du *Journal of Popular Education* l'avait même fait connaître au mois de mars. La première apparition de ce télégraphe en France eut lieu à l'Académie des sciences, dans la séance du 8 janvier 1838. Voici la note insérée dans les *Comptes rendus :*

« Il est donné lecture de l'extrait d'une lettre de M. le docteur Buckland à M. le docteur Robertson, dans laquelle il était question d'un télégraphe électrique que M. Wheatstone se propose d'établir entre Londres et Liverpool. Les fils destinés à faire jouer les lettres aux extrémités de la ligne seront placés sous le chemin de fer qui va de l'une à l'autre de ces deux villes. »

Suppléons à cette annonce insignifiante par une autre publication

académique beaucoup plus complète. M. Quételet lut à l'Académie de Bruxelles, dans la séance du 10 février 1838, une note pleine d'intérêt, dont j'extrais le passage suivant :

« Voici quelques renseignements sur le procédé que M. Wheatstone se propose de suivre, et qui a déjà été mis à l'épreuve en présence d'un grand nombre de spectateurs et sur une distance de 20 milles d'Angleterre.

» M. Wheatstone fut conduit à son invention par les belles expériences qu'il fit, il y a six ans environ, dans la vue de mesurer la vitesse de transmission de l'électricité, et qui furent consignées dans les *Transactions philosophiques* de la Société royale de Londres pour 1834. Il trouva que cette vitesse était d'environ 200,000 milles, ou 333,800 kilomètres, par seconde. Pour faire ces expériences, il n'avait employé qu'un fil conducteur d'un demi-mille; plus tard il employa des fils de plusieurs milles de longueur. L'occasion qu'il eut de juger des effets produits par l'électricité voltaïque et par le courant magnéto-électrique sur d'aussi grands circuits lui donna la conviction que les communications télégraphiques ne devenaient pas seulement possibles, mais très-praticables. Il se mit donc à étudier l'appareil le plus convenable pour réaliser son projet, et il réussit de la manière la plus complète par les procédés suivants.

» Au moyen de cinq fils conducteurs seulement, entre deux stations éloignées, M. Wheatstone peut indiquer instantanément les différentes lettres de l'alphabet, et les transmettre au nombre d'environ vingt par minute. Plusieurs même peuvent être transmises à deux en même temps. Les mêmes fils servent à la fois pour donner et recevoir des communications, sans qu'on doive modifier en rien l'appareil. Au moyen des cinq fils conducteurs agissant sur cinq aiguilles, dont les mouvements se combinent deux à deux, ou trois à trois, M. Wheatstone produit environ trente signaux différents.

» Qu'on se figure deux petites chambres éloignées de plusieurs milles de distance, et dans chacune un observateur assis devant un petit instrument qui porte autant de touches qu'il y a de lettres dans l'alphabet. Sur le mur, et en face de lui, se trouve suspendu un tableau sur lequel sont lisiblement écrites les lettres de l'alphabet. Quand il met le doigt sur une touche de l'instrument, le caractère qui y répond est distinctement mis en jeu sous ses yeux, et il se manifeste de même pour l'autre observateur dans la station opposée, car la vitesse

de l'électricité échappe à toute appréciation. L'appareil sert avec la même facilité la nuit et le jour ; ni les tempêtes, ni les nuages, ni les brouillards ne peuvent empêcher ses indications. On en a fait l'essai dans toutes ces circonstances.

» On a établi une ligne télégraphique d'après le nouveau système, sur une distance d'un mille et demi dans la direction du chemin de fer de Londres à Birmingham, et de plus des expériences temporaires ont été faites dans lesquelles les fils conducteurs avaient près de vingt milles d'étendue. Les dernières expériences ont été faites de concert avec M. Cooke, qui sera chargé de tout ce qui regarde les lignes télégraphiques de l'Angleterre. M. Cooke avait lui-même inventé un télégraphe électrique très-ingénieux, mais qui a été remplacé par celui dont nous venons de donner une idée.

» Il est une partie très-importante dans le nouveau télégraphe dont nous avons omis de parler, c'est l'alarme ou la cloche qui appelle l'attention de l'observateur. Cette cloche sonne sous un marteau de détente qui est subitement relâché par l'action d'un aimant temporaire de fer doux sur lequel on fait agir le courant électrique. Par ce moyen très-ingénieux, et qui appartient exclusivement aux deux physiciens anglais, l'observateur à l'une des stations peut appeler l'attention de l'autre observateur en faisant frapper fortement le timbre.

» Quoiqu'on fasse usage de cinq fils, on pourrait n'en employer que quatre, ou même trois, si l'on voulait se borner au dictionnaire télégraphique ordinaire.

» Les résultats qui précèdent n'ont pas encore reçu de publicité, parce que M. Wheatstone voulait s'assurer la priorité de son invention par des brevets pris en Angleterre, en France, en Belgique et aux États-Unis. Aujourd'hui que l'auteur s'est assuré la jouissance de sa découverte, il a bien voulu nous permettre de faire connaître aux savants les procédés qu'il emploie. La délicatesse de ces appareils est si grande qu'il suffit, pour les mettre en action, d'employer dans le plus grand nombre de circonstances un élément voltaïque d'un décimètre de côté. Dans les cas de grande humidité seulement, il est prudent d'employer un élément d'une étendue un peu plus grande.

» Depuis que M. Wheatstone a mis ses appareils en expérience, et que les succès qu'il a obtenus n'ont plus laissé de doute sur les avantages des télégraphes électriques, plusieurs personnes ont fait des tentatives nouvelles et ont réclamé à leur bénifice l'invention des phy-

siciens anglais ; on compte parmi elles M. Alexandre, d'Édimbourg, M. Davy, à Londres, le colonel Gow, à Livington, le professeur Morse, à New-York. Il est juste de dire cependant que les expériences de MM. Gauss et Weber sur la transmission des signaux par des procédés magnéto-électriques, expériences qui ont été répétés par M. le professeur Steinheil, de Munich, ont été faites avant les publications de MM. Wheatstone et Cooke. »

Que trouvons-nous dans le télégraphe de M. Wheatstone ? Un grand progrès évidemment ! Nous y voyons d'abord des signes télégraphiques obtenus par l'action du courant voltaïque et la déviation d'aiguilles aimantées, et ramenées à des indications tout à fait simples qui sont les lettres de l'alphabet manifestées par le point de convergence des aiguilles prolongées. Ce n'est plus ici le travail difficile d'écrivain imposé à une pauvre aiguille, comme dans le télégraphe de Steinheil, c'est une déviation simple, tranchée, obtenue avec tant de constance, d'infaillibilité, que l'appareil est devenu un instrument usuel fonctionnant avec la plus parfaite régularité : l'on rencontre enfin la télégraphie électrique réalisée. Mais il y a dans cette première patente un fait capital et tout à fait riche d'avenir, c'est le mode de communication du mouvement qui met en jeu le réveil ou l'alarme. Ici le courant n'agit plus directement à l'état de force vive, si je puis me servir de cette expression, il aimante seulement par son passage un morceau de fer doux ; cet aimant passager attire un autre petit morceau de fer doux qui empêchait l'action d'un ressort permanent ; l'échappement est devenu libre ; un mouvement d'horlogerie a mis en mouvement le marteau qui doit frapper le timbre. Tout cela est bien simple, bien petit en apparence, et sous cette petite apparence il y a une puissance comme infinie, il y a un monde de merveilles, il y a la facilité donnée à l'homme de mettre en action, à quelque distance que ce soit, toutes les forces de la mécanique, et d'obtenir par conséquent les effets les plus étonnants, les plus inattendus et les plus variés. On a réalisé déjà assez d'applications surprenantes de ce principe élémentaire pour que je puisse prouver qu'il n'y a aucune exagération dans l'appréciation que je viens de faire de cette partie ingénieuse du mécanisme de M. Wheatstone. Un très-grave inconvénient de son premier télégraphe était la multiplicité des fils : quatre fils, c'était beaucoup trop de complication et de dépenses, on n'était donc pas arrivé encore à la perfection, mais on était entré dans une si bonne voie

qu'il n'y avait aucun doute que l'on parviendrait bientôt à l'atteindre. La perfection était même si clairement montrée dans un lointain peu éloigné que beaucoup d'esprits ardents s'élancèrent à sa poursuite.

### *M. Davy.*

Le 4 janvier 1839, M. Davy prit à Londres une patente pour un télégraphe électro-magnétique dans lequel un échappement analogue à celui des horloges arrête ou détermine le mouvement d'un corps de rouages, selon qu'une pièce en fer doux qui y est adaptée est aimantée ou laissée inerte par un aimant temporaire placé dans un circuit voltaïque : ces alternatives de mouvement et de repos font marcher un cylindre recouvert d'un papier sur lequel les signaux sont enregistrés par des points plus ou moins espacés. Il faut ajouter encore que les points étaient obtenus au moyen de l'action chimique du courant et de la décomposition de certaines substances. Dans la partie descriptive, je donnerai plus de détails sur le mécanisme de M. Davy ; mais n'est-il pas évident au premier aspect qu'il ne contient rien d'essentiellement neuf ? La mise en mouvement des rouages s'obtient par le procédé de M. Wheatstone, dont la gloire reste par conséquent intacte, puisqu'il est certain que la patente de M. Davy est bien postérieure à la sienne, et le mode d'impression des dépêches à l'aide de l'action chimique du courant n'était encore qu'une idée vague.

### *M. Vorsselman de Heer.*

J'ai énuméré déjà bien des modes de correspondance à distance obtenus par l'électricité. J'ai décrit le télégraphe électro-chimique, le télégraphe électro-optique, le télégraphe électro-acoustique, etc., voici venir à son tour le télégraphe électro-physiologique. M. Vorsselman de Heer avait cru pouvoir conclure des expériences des physiciens les plus renommés que les télégraphes électro-magnétiques, au point de vue économique du moins, étaient vraiment irréalisables ; il lui semblait que le seul mode possible de télégraphie électrique devait reposer sur l'emploi des effets physiologiques de la pile : les signaux devaient, suivant lui, s'adresser, non à l'oreille ou à la vue, mais au tact.

Il résulte, disait-il, des lois découvertes par MM. Ohm, Pouillet,

Faraday, etc., que les effets physiques et chimiques du courant électrique dépendent de la quantité d'électricité qui traverse dans l'unité du temps la surface entière de la section du fil conducteur, car tous les éléments de cette section agissent à la fois aussi bien pour dévier l'aiguille magnétique ou aimanter le fer que pour séparer les éléments électro-chimiques du corps. L'effet thermique ou physiologique de l'électricité dépend uniquement, au contraire, de la quantité d'électricité qui traverse chaque élément de la surface de la section, puisque cet effet se manifeste dans l'élément même. On comprend facilement dès lors que les effets magnétiques sont en rapport direct avec l'intensité du courant, tandis que les effets thermiques et physiologiques sont proportionnels seulement à sa densité. En partant de ces principes, il est facile dans chaque cas particulier de déterminer l'appareil capable de produire à distance un effet électrique donné, et c'est en cela que consiste le problème de la télégraphie électrique considéré sous le point de vue le plus général. Supposons, par exemple, qu'on ait pu avec un élément d'un décimètre carré dévier à la distance d'un kilomètre l'aiguille d'un galvanomètre suffisamment sensible; pour produire le même effet à la distance de 100 kilomètres, il faudra évidemment cent éléments voltaïques, chaque kilomètre en sus en exigeant un nouveau couple. Cette pile donc de cent couples, dont l'entretien sera nécessairement dispendieux, ne pourra exercer sa puissance magnétique qu'à 100 kilomètres ou 25 lieues : or, sa puissance physiologique s'exercerait encore beaucoup plus loin. Il résulte, en effet, des belles expériences de M. Pouillet, que la résistance du corps humain, lorsque le courant le pénètre par les deux mains plongées dans le mercure, équivaut à une longueur de 8 lieues du fil pris pour terme de comparaison. Si le courant pénètre seulement par les deux doigts, la résistance sera représentée par 17 lieues du même fil. Dès lors, si une pile de vingt couples produit une commotion sensible dans ces deux doigts, une pile de quarante couples produira le même effet sur un ensemble de deux personnes, ou sur une seule personne placée dans un circuit de 77 lieues. Une pile de cent couples impressionnerait de la même manière une personne placée à $4 \times 77$ ou 154 lieues de distance, tandis qu'elle ne produisait qu'à 25 lieues l'effet magnétique dont nous avons parlé. On dira peut-être qu'en augmentant la sensibilité de l'appareil galvanométrique on pourra reculer les limites de l'action produite; mais la sensibilité du galvano-

mètre atteindra-t-elle jamais celle des nerfs? Quel que soit l'électro-moteur que l'on emploie, l'action continue d'une pile, l'action discontinue d'une machine magnéto-électrique, les courants d'induction, etc., il sera toujours vrai, affirme M. Vorsselman, que la quantité d'électricité nécessaire à la production d'un effet physiologique sera toujours infiniment plus petite que celle exigée pour la déviation de l'aiguille la plus sensible.

Pour produire ses signaux à la distance de 2 lieues a peine, Steinheil employait une bobine entourée d'un fil de 36,000 pieds de longueur : or, avec une machine électro-magnétique dont la bobine serait entourée d'un fil de 1,500 mètres au plus, on peut causer une commotion très-vive à une chaîne de quatre personnes, et par conséquent à une seule personne faisant partie d'un circuit de 32 lieues. Quels effets physiologiques n'obtiendrait-on pas avec l'appareil monstre de Steinheil! Ces effets sont beaucoup plus intenses encore, comme tout le monde le sait, quand on emploie les courants d'induction secondaires. Avec une pile assez petite et une simple bobine recouverte d'un fil ayant 29 mètres de longueur et de 1/35 de millimètre de diamètre, puis d'un fil de 1,500 pieds de longueur, et de 3/10 de millimètre de diamètre, on fait ressentir à quinze personnes à la fois une secousse fort sensible, et que ressentirait encore une seule personne à 77 lieues de distance. Et qu'on remarque encore une fois que, dans cette dernière expérience, le fil conducteur pourra être aussi petit que l'on voudra, et sera par conséquent peu dispendieux; tandis que, lorsqu'il s'agit d'effets magnétiques, le fil conducteur doit avoir un diamètre assez grand, et coûter par conséquent très-cher.

Après ces assertions préliminaires, fausses en partie, dont je lui laisse toute la responsabilité, M. Vorsselman de Heer arrive enfin à la description de son télégraphe physiologique. Il emploie dix fils : c'est beaucoup, c'est énorme; mais comme ils sont très-fins, il y aura encore, dit-il, économie grande. Ces dix fils, à leurs extrémités, sont fixés à dix touches parfaitement égales, qui ne sont unies entre elles par aucune liaison métallique, et que l'on pourrait même isoler. Les deux appareils qui donnent et recouvrent les signaux étant parfaitement semblables, il suffira d'en décrire un seul.

Chaque touche est double, leur ensemble forme deux claviers placés l'un au-dessus de l'autre. La touche supérieure communique à la touche inférieure par une liaison métallique; on peut à volonté abaisser

l'une par l'autre ; elles viennent ensemble plonger dans deux vases pleins de mercure au moyen de fils de cuivre qui se recourbent perpendiculairement à leur extrémité ; les vases pleins de mercure sont mis convenablement en communication entre eux et avec les pôles de la pile.

On voit que l'on peut par cette disposition communiquer une commotion ou secousse à deux quelconques des dix doigts, ce qui donne $\frac{10 \times 9}{2}$ ou quarante-cinq combinaisons différentes.

Les combinaisons qui se produisent lorsqu'on fait passer le courant à travers un doigt de la main droite et un doigt de la main gauche sont au nombre de vingt-cinq ; elles peuvent avoir pour destination de désigner les vingt-cinq lettres de l'alphabet.

Ajoutons que les commotions des deux doigts ne sont pas égales. Le doigt dans lequel les nerfs sont parcourus suivant la direction de leur épanouissement, c'est-à-dire le doigt par lequel le courant sort, est plus fortement ébranlé. Il arrive par là quelquefois que la commotion dans l'un des doigts est très-sensible, tandis que l'autre doigt est à peine affecté ; on pare à cet inconvénient par un moyen très-simple : quand on abaisse les deux touches, on ferme le circuit ; on le rompt quand, laissant les deux touches abaissées, on retire les doigts ; les courants secondaires produits dans cette seconde opération sont de sens contraires : le doigt le plus impressionné d'abord le sera moins ensuite, et réciproquement : il ne pourra rester de cette manière aucun doute sur les deux doigts qui ont reçu la commotion.

Les combinaisons qui répondent aux cas où le courant passe par deux doigts de l'une des deux mains, de celle, par exemple, qui repose sur les cinq touches du clavier supérieur, sont au nombre de dix ; on peut leur faire signifier les dix chiffres. Il restera encore dix autres signes qui pourront servir à noter la fin des mots, des phrases, de la dépêche ; à indiquer si la dépêche est destinée finalement à la station qui la reçoit actuellement, ou si elle doit être ultérieurement transmise ; si l'on reçoit réellement les signaux, etc.

On comprend maintenant le mécanisme entier de l'appareil. Si le second observateur B a reçu une dépêche, et veut y répondre, ce sera à lui à mettre ses gants pendant que l'observateur A mettra ses dix doigts sur les touches du clavier. En faisant subir aux touches une petite modification, l'observateur A pourra, s'il le veut, trans-

mettre ces signaux à un troisième observateur C, immédiatement après les avoir perçus.

M. Vorsselman de Heer a fait construire son appareil par un organiste habile, M. Holtgreve, et il l'a fait fonctionner le 31 janvier 1839, dans l'une des réunions de la Société de physique de Deventer. Tous les membres de cette Société ont expérimenté ce mode de transmission des signaux et l'ont trouvé fort efficace. Les secousses étaient très-sensibles; avec un peu d'exercice on arrivait à transmettre et recevoir plus rapidement les signaux qu'on n'aurait pu le faire par aucun autre télégraphe. Toutes les personnes ne sentaient pas la commotion au même degré; mais en faisant varier l'électro-moteur, on les rendait perceptibles aux organisations les plus rebelles.

Jusque-là le télégraphe n'était pas encore complet; il fallait que M. Vorsselman indiquât par quel moyen il rendrait l'observateur attentif à la dépêche qu'il s'agit de transmettre, car il aurait été absurde de le condamner à rester jour et nuit les doigts attachés aux touches des claviers. Pour atteindre ce but, il fait communiquer par un conducteur métallique les cinq touches de chaque clavier, lorsque le télégraphe ne fonctionne pas, et fixe à ces deux claviers deux fils suffisamment longs, qui se terminent par des cylindres ou des plaques de cuivre ou d'argent : il suffira de tenir à la main ces deux cylindres, ou de fixer les deux plaques à une portion quelconque du corps, pour être averti par une secousse que l'on doit recevoir une dépêche : l'observateur, armé de cet appareil, pourra même se mettre au lit, la secousse sera toujours assez forte pour le réveiller : il suffirait d'un anneau dont les deux moitiés seraient isolées, que l'on porterait au doigt, et auquel on attacherait les fils qui viennent du clavier pour appeler l'attention de l'observateur.

M. Vorsselman formule ainsi ses conclusions par trop hardies :

1° Le télégraphe électro-physiologique est le seul qui puisse être employé quand il s'agit de franchir des distances très-considérables.

2° Même à de petites distances, le télégraphe physiologique a un avantage réel sur le télégraphe magnétique; les fils conducteurs qu'il emploie peuvent avoir un diamètre incomparablement plus petit, ce qui diminuerait les frais d'installation.

3° Le mécanisme du télégraphe physiologique est beaucoup plus simple, beaucoup moins coûteux : M. Morse évalue à 1,500 fr. l'appareil de chaque station; celui de M. Vorsselman ne coûterait com-

plet que 200 fr. Comme la quantité d'électricité exigée pour obtenir des effets de commotion suffisants est beaucoup plus petite que dans le télégraphe magnétique, il y aura encore sous ce rapport une grande économie.

On me pardonnera d'être entré dans de si grands détails relativement à un projet qui au premier abord répugne entièrement.

Le télégraphe électrique, en Angleterre et partout, est arrivé à l'état adulte; une plus longue expérience ne manifestera pas des inconvénients graves. Mais ne se peut-il pas que dans certaines contrées ou dans certaines circonstances on soit condamné à n'employer pour conducteurs que des fils très-fins? Alors le télégraphe physiologique ne pourrait-il pas devenir une nécessité?

Les fils de fer font partout jusqu'ici un bon service. Il est certain qu'aucun des inconvénients énumérés par M. Vorsselman de Heer ne s'est présenté, M. Wheatstone a construit sans peine des appareils électro-magnétiques qui ont donné la quantité d'électricité nécessaire pour obtenir tous les effets désirés; la sensibilité des appareils galvanométriques est telle que, sur des longueurs de plus de trente lieues, les piles à effet constant ont parfaitement fonctionné : sous ce rapport, par conséquent, les recherches du professeur de Deventer ont en ce moment moins d'intérêt, mais qui oserait dire qu'elles n'en auront pas un très-grand dans l'avenir?

---

## CHAPITRE IV.

---

### SIXIÈME ET DERNIÈRE ÉPOQUE.

### *M. Wheatstone (secundo).*

Les résultats si satisfaisants auxquels M. Wheatstone était parvenu à l'aide de son premier appareil l'encouragèrent à le perfectionner; il y arriva dans un temps très court, et dès 1840 son télégraphe avait atteint le plus grand degré de simplicité. Je ne conçois pas qu'on ait

essayé de rattacher l'invention de ce nouveau mécanisme au mois de juillet 1841, puisque dès 1840 le télégraphe perfectionné fonctionnait en grand sur des lignes de chemin de fer.

Voici d'ailleurs un document net et précis que l'on ne récusera pas. M. Quételet entretint l'Académie des sciences de Bruxelles, dans la séance du 17 octobre 1840, des expériences que M. Wheatstone venait de faire, à l'observatoire royal, au moyen du nouveau télégraphe électrique de son invention. La note suivante a été insérée dans les *Comptes rendus* de l'Académie de Bruxelles, t. VII, deuxième partie, p. 131 et 132.

« Les nouveaux appareils, beaucoup plus simples que ceux que M. Wheatstone avait imaginés d'abord, transmettent les signaux avec la rapidité de la pensée, puisque dans l'espace d'une seconde ils pourraient faire six à sept fois le tour du globe. D'une autre part leur volume est si peu considérable, que l'appareil qui donne les signaux, celui qui les reçoit et la pile galvanique qui fournit la force motrice, peuvent être renfermés sans peine dans une caisse de moins d'un demi-mètre cube : leur prix ne s'élève pas au delà de 25 livres sterling. Deux cadrans circulaires, placés aux deux stations extrêmes, et mis en rapport au moyen de deux fils conducteurs isolés, portent les diverses lettres de l'alphabet. En amenant successivement les lettres devant un indicateur, au moyen du cadran d'où partent les signaux, on fait que ces mêmes lettres se reproduisent instantanément devant un indicateur semblable, sur le cadran où les signaux sont reçus. Trente lettres au moins peuvent être transmises par minute, de manière que l'on fait immédiatement la lecture des mots.

» Lorsque les signaux vont être transmis, on a soin, pour appeler dans la station opposée l'attention des personnes qui doivent faire les lectures, de faire sonner un timbre ou alarme : M. Wheatstone a trouvé un moyen très-ingénieux pour faire sonner à volonté, même la cloche la plus forte. Si le fil conducteur vient à se rompre, il fait reconnaître par un appareil très-simple l'endroit où la rupture a eu lieu, lors même que le fil se trouverait caché sous le sol. Une longue expérience lui a fourni toutes les ressources nécessaires pour parer aux inconvénients qui peuvent résulter de l'établissement de ces télégraphes, qui du reste fonctionnent déjà en Angleterre depuis plusieurs années sur des étendues plus ou moins longues de chemins de fer.

» On sera sans doute charmé d'apprendre que l'auteur a trouvé le

moyen de transmettre les signaux entre l'Angleterre et la Belgique, malgré l'obstacle de la mer.

» Sous le point de vue scientifique, les résultats qu'on peut recueillir des télégraphes électriques de M. Wheatstone sont immenses : ainsi, pour les localités par où passera la ligne télégraphique, la détermination des longitudes, l'une des opérations les plus délicates de l'astronomie pratique, n'offrira plus la moindre difficulté. D'une autre part, d'après une disposition particulière, une pendule peut donner l'heure à toute une maison, à toute une ville, même à tout un pays. Les pendules auxiliaires qui marquent les heures, les minutes et les secondes aux mêmes instants que la pendule régulatrice, ne se composent que d'un seul cadran : aussi M. Wheatstone les nomme *squelettes de pendules*, et il estime leur prix à une ou deux livres sterling. L'auteur compte aussi employer ses procédés pour mesurer avec une précision qu'il croit pouvoir porter à un centième de seconde la vitesse des projectiles. Il serait difficile de limiter les applications auxquelles se prêteront les ingénieux appareils de M. Wheatstone. »

Ainsi donc, cette fois un seul fil conducteur, aucun effet dynamique produit par l'action directe du courant, plus d'aiguilles déviées, etc. Le courant n'a à produire par son passage que l'aimantation d'électro-aimants artificiels ; ces électro-aimants attirent de petits morceaux de fer doux ; ces petits morceaux de fer doux, déplacés pour revenir immédiatement à leur position première, sous l'action de petits ressorts, ont laissé agir des mouvements d'horlogerie ; une des dents de chaque roue d'échappement a passé, tous les cadrans mobiles qui portent les lettres et les manifestent à distance ont avancé d'un pas, et amené tous la même lettre devant l'indicateur. Les caractères qu'il s'agit de transmettre sont distribués sur la circonférence de la roue qui porte l'appareil électro-magnétique : on amène par la rotation de la roue celui des caractères que l'on veut à une position fixe et déterminée, aussitôt les cadrans mobiles le répètent aux deux extrémités de la ligne, comme à toute station intermédiaire où le fil télégraphique entourera un appareil indicateur.

C'est évidemment la perfection, et je ne comprendrais pas que l'on voulût essayer de le nier : aussi ne l'a-t-on pas fait ; on s'est contenté de disputer à M. Wheatstone la gloire de ses admirables perfectionnements : et, comme l'entreprise était encore trop difficile, on a fait mieux encore, on a organisé contre le réalisateur de la télégraphie



BIBLIOTHÈQUE IMPRIMÉS. R.F.

électrique la persécution du silence. J'ai lu de longs articles où l'histoire des télégraphes électriques était écrite par des hommes compétents, et où le nom de M. Wheatstone n'était pas même prononcé. De longues communications ont été faites à ce sujet à l'Académie des sciences et à la Chambre des députés, sans qu'on ait rappelé, même en passant, les droits à la reconnaissance publique du savant ingénieux à qui la télégraphie électrique doit sa théorie, ses principaux progrès et sa perfection.

Je ne dirai que quelques mots des luttes ardentes et passionnées que M. Wheatstone a dû soutenir, luttes dont, en France, l'objet a été méconnu et le caractère défiguré.

### *Cooke et Wheatstone.*

M. Cooke ne disputait pas à M. Wheatstone la priorité, le mérite et la gloire de son invention; la querelle n'était au fond qu'une querelle d'amour-propre trop commune entre associés; M. Cooke voulait que tous les appareils dont l'exploitation était précisément l'objet de la société constituée entre eux portassent à la fois les noms des deux associés : Wheatstone et Cooke. Le savant physicien repoussait cette prétention, parce qu'elle lui paraissait illégitime : il voulait que son nom figurât seul sur les appareils exclusivement inventés par lui, et n'admettait la présence des deux noms que sur les instruments fruits de recherches communes.

Des arbitres furent nommés; parmi eux figurent des noms célèbres, ceux de Daniell et de Brunel : la paix fut rétablie entre les associés.

Les appareils à cadran qui fonctionnent en Angleterre, ont conservé, par suite de l'arbitrage, le seul nom de M. Wheatstone. Les télégraphes à aiguilles et des modifications importantes adaptées à certains besoins particuliers, à certaines circonstances spéciales, seront signés à la fois par MM. Wheatstone et Cooke; d'autres modifications plus secondaires appartiendront enfin exclusivement à M. Cooke, qui n'est pas un physicien de renom, mais bien un homme d'action éminemment habile qui, comme nous l'avons déjà rappelé, avait lui-même inventé un télégraphe qu'il abandonna pour exploiter en commun le brevet de M. Wheatstone.

## *Bain.*

Arrivons à la controverse suscitée par M. Bain. M. Bain a pris, le 6 février 1843 seulement, une patente pour un nouveau télégraphe dont voici les dispositions fondamentales. Le circuit est formé d'abord par la terre dans laquelle sont plongées aux deux stations deux plaques métalliques de cuivre. Sous l'influence du courant, de fortes hélices métalliques traversées par lui, et douées par conséquent d'une action magnétique, sont déviées par des aimants permanents placés dans leur voisinage. Dans ces conditions, les rouages des deux appareils sont arrêtés; mais aussitôt que le courant cesse, les hélices n'étant plus attirées, sont amenées par un ressort dans une position qui permet au rouage de marcher jusqu'au moment où le courant est rétabli. Dans chaque machine est un cadran portant les signes convenus pour les dépêches; et, en face de chaque signe, est un trou qui peut recevoir une cheville métallique. Le circuit est fermé, et le courant passe quand l'aiguille du cadran est en contact avec cette cheville, d'où il résulte que l'appareil marche aussi longtemps que l'aiguille et la cheville cessent de se toucher.

Si donc la cheville et l'aiguille étant en contact au zéro du cadran, on enlève la première pour la placer dans un des autres trous du cadran, la machine se mettra en marche jusqu'à ce que l'aiguille vienne toucher la cheville. Mais comme les deux machines sont absolument semblables, et que l'hélice de la première station est déviée en même temps que celle de la seconde, que son ressort la rappelle aussi au même instant pour laisser marcher son rouage, il en résulte que l'aiguille de la seconde station quittera son zéro en même temps que celle de la première, et s'arrêtera sur le même signe qu'elle, puisque le mouvement des deux machines cesse simultanément. Ajoutons que les choses sont disposées de manière qu'une roue portant en relief les mêmes signes que ceux du cadran, marche en même temps que l'aiguille, et qu'au moment où celle-ci s'arrête, un papier qui a également marché est pressé contre un tissu garni de noir de fumée interposé entre lui et la roue dont le mouvement a amené le signe choisi au point où la pression s'exerce, ce qui détermine l'impression du signe sur le papier.

Voilà la description assez fidèle du télégraphe de M. Bain, telle

qu'elle nous est donnée par un des hommes les moins favorables à M. Wheatstone. Il y a dans le travail de M. Bain quelque chose de nouveau que M. Wheatstone ne lui dispute pas : c'est l'impression de la dépêche à l'aide d'un second cadran indicateur, que l'on presse contre le papier chargé de noir de fumée ou de sanguine. Ce perfectionnement, si c'en est un, appartient réellement à M. Bain. M. Wheatstone, pour écrire les dépêches, recourait à un appareil distinct formé de vingt-quatre bandes ou ressorts portant des caractères en relief, et de marteaux qui, en frappant individuellement chaque bande, imprimaient la lettre sur le papier en plusieurs exemplaires. Voilà surtout ce que M. Bain réclamait : aussitôt que ses droits à la priorité ont été sous ce rapport bien reconnus, il s'est déclaré satisfait.

Dans un volume publié sous ce titre : *The petition of Alexander Bain*, Londres 1845, je trouve une histoire complète des découvertes et des prétentions de M. Bain ; elle n'est pas sans intérêt, et je crois devoir la résumer fidèlement. Je trouverai ainsi l'occasion de rétracter une assertion un peu dure de ma première édition. J'ai affirmé que M. Bain avait été auprès de M. Wheatstone un ouvrier à gages, qui aurait abusé de la confiance du savant qui l'employait en le payant. M. Bain avoue naïvement qu'en août 1840 il était pauvre et dénué de tous moyens de mettre à exécution ses heureuses idées, mais il nie absolument qu'il ait jamais été ouvrier mécanicien embauché par M. Wheatstone; et lorsque le président de la commission du Parlement britannique lui demandait s'il était faux qu'il eût travaillé à prix d'argent sous les ordres du savant professeur, il répondait intrépidement : C'est tout à fait faux. Cette déclaration solennelle n'a jamais été contredite par M. Wheatstone; et nous devons l'accepter comme véritable.

Voici donc les affirmations de M. Bain. 1° En 1838, il avait inventé son horloge électrique, reproduisant l'heure marquée par une horloge ordinaire placée à distance, et communiquant avec elle par un circuit voltaïque. 2° En juin 1840, il avait imaginé son télégraphe électrique imprimant les dépêches. 3° En janvier 1841, il prit en commun avec le lieutenant Wright la patente de son horloge électrique : nous avons entre les mains l'original signé du roi de Bavière, le 20 septembre 1839, du privilége qui assure à M. Steinheil le monopole de l'application des procédés électriques par lesquels il était parvenu à faire marcher ou à régler un nombre quelconque d'aiguilles ou d'hor-

loges : M. Bain est donc évidemment primé sur ce point par M. Steinheil. 4° En 1840 aussi, il découvrit la propriété inconnue jusque-là, dit-il, qu'a la terre humide de conduire le courant voltaïque, et de remplacer la moitié du circuit métallique : nous devons constater que, dès 1803, Aldini avait prouvé que l'électricité se transmettait encore lorsqu'une partie considérable du circuit, 200 pieds, était formée par l'eau de la mer ; qu'en 1837, cinq ans avant l'expérience faite par MM. Bain et Wright sur la rivière Serpentine, au mois de juin 1842, M. Steinheil n'avait donné à son télégraphe qu'un seul fil conducteur et que même il avait remplacé par la terre la moitié de ce conducteur unique. 5° En 1842, il mit en évidence ce fait important que l'on peut obtenir des courants énergiques, sans le secours d'aucune pile, en plongeant à distance dans la terre deux plaques, l'une cuivre et l'autre zinc, liées entre elles par un fil conducteur : l'honneur de cette belle expérience appartient à l'illustre directeur de l'Observatoire de Gœttingue, à M. Gauss : il la fit en 1835, plus de deux ans avant M. Bain, sur une longueur d'un kilomètre environ ; l'une des plaques plongeait dans la cour du cabinet de physique, l'autre dans les jardins de l'Observatoire ; le fil conducteur passait par-dessus les toits : nous avons vu à Munich la lettre autographiée par laquelle M. Gauss annonçait à M. Steinheil ce résultat vraiment curieux ; et nous sommes heureux d'ajouter ce nouveau fleuron à la couronne d'un homme qui a fait faire aux sciences mathématiques tant de pas de géants, qui, avec M. Weber, a le premier, en 1833, transmis réellement, au moyen de courants électriques, des mots et des phrases entières à une distance considérable. 6° En 1843, il avait constaté qu'on pouvait obtenir un courant dérivé d'un courant primitif, sans interrompre le fil conducteur principal, en mettant seulement en contact avec ce conducteur deux petits fils dont on réunissait les deux autres extrémités ; et que cette propriété remarquable rend beaucoup plus facile l'application des horloges électriques : les courants dérivés étaient connus bien longtemps avant que M. Bain parût sur l'horizon. 7° Avant mai 1843, il avait trouvé le moyen d'établir, avec un seul fil conducteur et une seule aiguille oscillante, un télégraphe donnant un nombre suffisant de signaux ; ce que MM. Wheatstone et Cooke n'avaient pas pu faire avant lui : un de ces télégraphes, et aussi le télégraphe imprimant, fonctionnèrent, en mai 1844, sur le chemin de fer du South-Western, entre Nine-Elms et Wimbledon,

dans le comté de Surrey, en présence des lords et du secrétaire de l'amirauté. 8° Enfin, dans l'été de 1844, il avait conçu le projet de transmettre des signaux au moyen de sons symboliques, ce que Steinheil avait fait très-longtemps avant lui.

M. Bain avait formé opposition près la chambre des communes contre l'adoption du bill qui constituait la compagnie générale de télégraphie électrique; cette opposition a amené de longs débats, et des discussions qui ont eu pour résultat de faire acheter par la compagnie la patente de M. Bain au prix élevé de 7,500 livres sterling, plus de 180 mille francs.

Si je rappelle ces faits, ce n'est nullement dans un esprit hostile à M. Bain, mais pour l'acquit de ma conscience et pour sauvegarder les droits de la justice. J'admire le talent, je dirai même le génie du modeste ouvrier écossais, devenu un inventeur à jamais immortel, et j'applaudis de tout mon cœur au glorieux succès qui a couronné sa persévérance. Au fond, la priorité de MM. Steinheil et Gauss n'enlève rien au mérite et à la vérité des découvertes de M. Bain, qui dans l'humble condition où le ciel l'avait fait naître ignorait et devait ignorer les progrès rapides que la science de l'électricité faisait alors en Allemagne.

Depuis cette époque, M. Bain a réalisé la plus belle invention peut-être des temps modernes, son télégraphe électro-chimique, dont nous parlerons tout à l'heure.

Nous ne dirons rien ici des travaux de MM. Dujardin, Bréguet, Garnier, Siemens, etc., etc., car ils n'ont rien ajouté d'essentiel à l'art magique de la télégraphie; il nous suffira de décrire leurs ingénieux appareils. Passons donc aux applications du principe de la télégraphie.

## CHAPITRE V.

### Des applications diverses du principe de la télégraphie électrique.

Quand une force motrice a été comme créée, quand l'on est parvenu à transmettre son action à des distances quelconques avec une incommensurable vitesse, quand on a pu à volonté la multiplier en quelque sorte indéfiniment, quand surtout on est arrivé, à l'aide de cette force instantanément et indéfiniment multipliée, à mettre en jeu toutes les autres forces de la nature, on s'est ouvert un champ immense, et l'imagination la plus active serait impuissante à prévoir et à énumérer les résultats merveilleux et inattendus que l'on réalisera successivement. Volta découvrit en 1800 le courant voltaïque ; OErsted mit en évidence sa force motrice ; M. Arago transforma cette force et lui créa comme des issues nouvelles en constatant ses effets d'aimantation ; on s'assura presque dès l'origine qu'elle se transmettait dans un instant indivisible à travers des circuits démesurément longs ; M. Wheatstone détermina la limite inférieure de la vitesse avec laquelle cette force se propage, il avait démontré en 1843 qu'elle pouvait produire presque instantanément des effets sensibles à la distance de cent lieues; plus tard, le célèbre professeur de King's-College montra comment, à l'aide de cette action exercée à une distance quelconque, on pouvait mettre en jeu l'élasticité des ressorts, la pesanteur, etc., etc. Un avenir prochain verra sortir de cette mine profonde des trésors qu'il n'était pas possible de soupçonner. Les applications dont je vais tracer l'histoire dépassent déjà toutes les prévisions et toutes les espérances humaines.

#### PREMIÈRE APPLICATION.

*Impression des dépêches. Télégraphe autographique.*

Nous avons déjà dit comment M. Wheatstone arriva à imprimer les dépêches, en substituant au disque de papier, sur la circonférence duquel sont indiquées les lettres, un disque mince de cuivre ou de

bronze, divisé du centre à la circonférence, de manière à former vingt-quatre ressorts sur les extrémités desquels on plaçait des caractères ou poinçons : un mécanisme additionnel, dont la détente était mise en mouvement par un électro-aimant, forçait un marteau à appuyer le poinçon contre un cylindre autour duquel s'enroulaient plusieurs couches alternatives de papier blanc et de papier noir ou rouge à calquer dont on se sert dans divers appareils : on obtenait ainsi, sans créer aucune résistance nouvelle à la roue motrice, un certain nombre de copies imprimées du message transmis. Nous avons ajouté que M. Bain avait modifié ce mécanisme en se servant pour l'impression du cadran indicateur lui-même qu'il pressait à propos contre le papier.

Les télégraphes de Morse, de Steinheil, de Dujardin, de Siemens, etc., sont aussi des télégraphes imprimant les dépêches, en ce sens que les signaux transmis sont fixés sur le papier. Le 6 mai 1850, M. Pouillet a présenté à l'Académie des sciences un télégraphe de M. Froment, qui écrit la dépêche en signes de convention au moyen d'un crayon qui se taille en écrivant, parce qu'il tourne sur lui-même en même temps qu'il exécute son mouvement de va-et-vient. Le crayon est mû d'une manière directe et sans intermédiaire par l'armature de l'électro-aimant, et peut exécuter jusqu'à trois ou quatre mille vibrations simples par minute. Le premier modèle de cet appareil analogue à celui de Morse a été construit par M. Froment il y a plusieurs années, à la demande de M. Pouillet et sur ses indications : M. Froment l'a récemment perfectionné. La dépêche est composée d'avance en signaux télégraphiques découpés sur une bande de papier à l'aide d'une machine spéciale à clavier ; cette bande de papier ainsi préparée est livrée à l'appareil transmetteur qui, de lui-même, met en jeu l'appareil écrivant placé à l'autre station avec toute la rapidité que ce dernier appareil comporte.

M. Froment a une prédilection particulière pour les télégraphes dans lesquels le petit morceau de fer doux aimanté agit directement par un ensemble de leviers sans l'intermédiaire de mouvements d'horlogerie : ces appareils sont excellents quand la transmission se fait à de courtes distances. Réussissent-ils également sur de très-longues lignes ? Nous ne savons pas que l'expérience en ait été faite.

Les télégraphes-imprimeurs de MM. Wheatstone et Bain laissaient beaucoup à désirer ; ce n'étaient guère que des essais, ou mieux c'était la solution théorique, mais non la solution pratique du beau problème

de l'impression à toute distance et en lettres ordinaires des dépêches télégraphiques les plus étendues. Nous croyons jusqu'à démonstration du contraire que M. Brett a le premier vaincu cette grande difficulté. Son appareil, patenté en Angleterre le 13 novembre 1845, se compose de deux parties : l'une, le transmetteur placé à la station de départ; l'autre, l'imprimeur installé à la station d'arrivée : les lettres majuscules romaines qu'il s'agit d'imprimer sont gravées en relief sur les prolongements des rayons d'une roue verticale; elles s'encrent en s'appuyant sur de petits rouleaux : la bande de papier qu'un mécanisme simple et sûr fait avancer progressivement est maintenue à une très-petite distance des lettres; un marteau ou mouton, montant et descendant dans une coulisse verticale, vient, par un coup rapide, appuyer le papier contre la lettre chargée d'encre et détermine l'impression.

Aussitôt que sur le transmetteur on a amené une lettre donnée, la lettre A, par exemple, devant l'aiguille indicatrice, cette même lettre A se montre au point culminant de la roue verticale : le courant fait partir une détente, les poids du rouage agissent, le marteau monte, redescend, frappe et imprime la lettre A sur le papier qui l'emporte en marchant d'un pas pour se prêter à l'impression d'une nouvelle lettre. Ce qui frappe surtout dans le mécanisme de M. Brett, c'est le procédé rapide par lequel, en ramenant après chaque mot l'appareil à une position déterminée, on empêche les erreurs de s'accumuler; la fidélité de la transmission est ainsi pleinement garantie. Puisse la France, en accueillant et appliquant son admirable invention, le consoler de l'impossibilité où il s'est trouvé d'en tirer parti en Angleterre. Là, tout a été envahi par la compagnie générale de télégraphie électrique qui exerce un monopole despotique : M. Brett aurait vendu très-cher à cette toute-puissante compagnie son télégraphe-imprimeur, dont l'excellence et la supériorité ne sont pas contestées; mais la compagnie générale n'eût acheté cette belle œuvre de génie que pour l'enfouir et la condamner au néant dans le but avoué de déjouer toute pensée de concurrence.

La merveille du genre en fait de télégraphie fixant les dépêches, est le télégraphe électro-chimique de M. Bain : c'est un progrès immense et qui centuple les espérances déjà si brillantes de la télégraphie électrique. Cette fois les signaux transmis et imprimés ne se comptent plus par dizaine, mais par mille.

Les lettres dont se compose l'écriture du télégraphe Bain, et c'est un inconvénient très-léger, n'ont point la forme ordinaire, forme qui ne saurait se prêter à une pareille rapidité; elles sont composées de combinaisons convenables de points et de traits. Ce sont ces combinaisons qu'il s'agit de reproduire à l'extrémité de la ligne, opposée à celle où se trouve l'expéditeur ; or, l'opération se divise en deux parties bien distinctes : la *composition* et le *tirage*, exactement comme dans nos imprimeries.

La *composition* a pour objet d'écrire la dépêche sur une longue bande de papier, avec les points et traits conventionnels ; seulement ce n'est pas au moyen d'encre que cette écriture doit se tracer : les points doivent être figurés par des trous ronds percés dans le papier, et les traits par des trous allongés. On se procure ainsi, au point de départ, une *composition* de forme identique à celle qu'on veut reproduire, mais avec une encre convenable, au point d'arrivée. Imaginons pour un moment que nous étendions cette bande de papier, percée de trous, sur une autre bande intacte et blanche dans toute son étendue, et que nous venions à passer sur le tout un pinceau plein de couleur ; la bande inférieure se trouvera recevoir, au travers des trous, une peinture exactement conforme à la disposition des trous de la bande supérieure : ce sera un premier tirage de la dépêche, obtenu, comme on le voit, par un procédé pareil à celui dont on se sert pour tracer les adresses des caisses de marchandises ; c'est ce tirage qu'il s'agit d'effectuer, mais à une distance de plusieurs centaines de lieues au besoin et par l'intermédiaire d'un fil unique.

A cet effet, la bande de papier, convenablement percée, est saisie à son origine entre une roulette métallique et un ressort également métallique qui presse la bande contre la roulette ; si dans cette situation on vient à faire tourner la roulette, elle entraîne, par le seul effet du frottement, la bande dont toutes les parties viennent successivement passer entre le ressort et la roulette. Si le papier était intact et ne contenait aucun trou, le ressort qui le presse serait toujours séparé de la roulette ; mais le papier étant percé de trous, chaque fois que l'un d'eux passe entre la roulette et le ressort, ces deux organes se trouvent momentanément mis en contact : ce contact cesse dès que le trou est passé, et il ne recommence que lorsqu'un nouveau trou se présente. Ajoutons enfin que la roulette se meut d'un mouvement uniforme, que par là le contact du ressort et de la roulette

dure moins de temps lors du passage d'un trou rond que lors du passage d'un trou allongé, et le reste de l'opération se comprendra aisément.

La roulette en effet est jointe par un conducteur métallique à la source de l'électricité, et le ressort lui-même communique avec le fil métallique qui joint les stations d'arrivée et de départ. Lorsque la roulette et le ressort sont en contact, le circuit est donc complet et l'électricité s'élance d'une station à l'autre. Chacun comprend déjà quel est le rôle joué par la bande de papier interposée et par les trous dont elle est percée. Le papier ne conduisant pas l'électricité, il interrompt le courant par son interposition entre la roulette et le ressort : mais au passage d'un trou de la bande de papier, le contact entre le ressort et la roulette s'établit pour un moment et avec lui le courant électrique : dès que le trou est passé, le courant électrique cesse de nouveau. On voit même qu'à cause du plus ou moins de longueur des trous percés dans le papier, les courants électriques qui s'établissent momentanément durent des temps inégaux : or, c'est là ce qu'il s'agissait d'obtenir au point de départ, des courants électriques interrompus envoyés à l'autre extrémité de la ligne, durant les uns un peu plus, les autres un peu moins de temps, et distribués dans un ordre déterminé à l'avance. Ce fait une fois acquis, oublions le moyen par lequel on l'a produit au point de départ; ne retenons que le fait en lui-même, et transportons-nous au point d'arrivée pour voir comment, au moyen de ces courants électriques interrompus, nous allons pouvoir produire l'impression de la dépêche.

A cette autre extrémité, le fil conducteur, par lequel arrive l'électricité à courants intermittents, repose, par une pointe d'acier, sur un papier enduit d'une solution de prussiate de potasse légèrement acidulée. Lorsqu'il n'arrive pas d'électricité par le fil métallique, aucun effet ne se produit; mais lorsque le courant électrique vient à passer, il se produit au contact du stylet d'acier et du papier préparé chimiquement une petite quantité de bleu de Prusse dont la couleur est, comme on sait, fort intense.

Cela étant, imaginons que ce papier chimique se déplace ou se meuve sous le stylet : lorsqu'un courant électrique arrivera par le fil et ne durera qu'un instant, la décomposition chimique ne s'effectuera que sur le point du papier qui sera en ce moment même au contact du fil ; elle cessera immédiatement après ; un point bleu apparaîtra sur le papier : si au contraire le courant électrique a duré un temps

notable, pendant lequel le papier se soit déplacé sous le stylet, il en résultera un trait bleu, ainsi de suite. Et comme on a réussi à faire que, suivant la volonté de l'expéditeur placé au point de départ, les courants électriques se succèdent avec une durée plus ou moins longue, suivant l'ordre nécessaire à la représentation des lettres dont se composent les mots, on obtiendra ainsi à l'une des extrémités de la ligne un tirage de la composition exécutée à l'autre extrémité.

C'est ce tirage qui marche avec une rapidité prodigieuse. « Nous l'avions vu, dit M. Leverrier auquel nous empruntons cette description authentique du magnifique instrument, s'effectuer dans le cabinet avec une vitesse de *quinze cents* lettres à la minute, et nous étions certains qu'il devait conserver tout au moins une partie de ces avantages sur le terrain et à de grandes distances : car sans cela comment la transmission de ces longs articles, envoyés par le télégraphe électrique et qu'on trouve chaque jour dans les journaux américains? comment l'envoi en leur entier de certains débats judiciaires importants seraient-ils possibles? Toutefois, nous avons voulu nous en assurer d'une manière positive par une expérience qui a été faite au ministère de l'intérieur sur les fils de la ligne de Lille.

» A cet effet, les deux fils qui constituent cette ligne ont été réunis à Lille, de manière à former un circuit non interrompu, commençant et finissant à Paris : nous obtenions ainsi le double avantage d'avoir tous nos appareils à Paris, de pouvoir expérimenter sans nous transporter à Lille, et, en outre, de faire l'expérience sur un circuit long de 140 lieues. Nous n'avons pas réussi de prime-abord, mais nous en avons bientôt trouvé la cause. L'appareil télégraphique employé habituellement par l'administration est un appareil mécanique dans lequel des pièces matérielles sont déplacées et mises en jeu par l'action de l'électricité : rien de pareil n'a lieu dans l'instrument électro-chimique de M. Bain, où l'électricité ne doit exercer aucune autre action que la décomposition chimique de la substance qui lui est soumise. Cette différence capitale, à laquelle tient, en majeure partie, l'immense rapidité qu'on obtient avec le télégraphe Bain, exige aussi que la disposition de la pile soit modifiée dans ses éléments. Dès que cette remarque eut été faite et que la pile fut placée dans des conditions convenables, nous pûmes obtenir des épreuves très-nettes et bien lisibles, envoyées à cent quarante lieues de distance, sans que la rapidité de la transmission en ait été affectée.

» On objectera peut-être que la *composition* ne marche pas avec la même vitesse : mais cette difficulté n'est qu'apparente, et elle n'a pas ici plus de valeur qu'en imprimerie, où elle n'empêche pas les journaux du soir de paraître. La composition de la dépêche télégraphique peut, en effet, être exécutée par plusieurs ouvriers à la fois. Une fois prête, elle peut servir à autant de tirages qu'on le veut, et être envoyée à toutes les villes qui peuvent être mises en communication directe avec le point de départ. » Un homme exercé peut facilement découper vingt-cinq mots par minute ou quinze cents mots par heure : douze ouvriers par conséquent dans une demi-heure découperaient neuf mille mots, et ils seraient transmis dans moins d'une demi-heure. De sorte qu'en réalité, avec ce nombre d'ouvriers, il suffirait de quarante-cinq minutes pour écrire à une distance quelconque les neuf mille mots.

Voici, en résumé, les avantages incontestables du télégraphe électro-chimique : 1° plus de simplicité et d'économie dans la construction première et l'entretien de l'appareil ; 2° une rapidité incomparablement plus grande dans la transmission des signaux ; un seul fil médiocrement isolé peut transmettre mille lettres par minute en moyenne, ou seize lettres par seconde ; c'est le service de dix fils dans les autres systèmes, c'est dix fois plus qu'on ne pouvait en transmettre avec régularité et exactitude par les appareils anciens ; 3° beaucoup moins de chance d'interruption par l'imperfection de l'isolement et les variations d'intensité du courant, qui peut être beaucoup plus faible ; 4° moins de chance d'erreurs dans la transmission des dépêches.

Le télégraphe de M. Bain est devenu une grande et bienheureuse réalité. Il fonctionne en Angleterre sur une étendue de trois cents kilomètres, de Londres à Manchester et de Manchester à Liverpool ; et en Amérique sur une ligne de trois mille kilomètres, sept cent cinquante lieues. Les débats du congrès avec tous leurs détails, même les moins importants, sont transmis par cet appareil féerique aux principaux journaux jusqu'aux extrémités des États-Unis : lors du trop célèbre procès du docteur Webster, assassin de l'infortuné Parkman, les débats du jury, remplissant chaque jour deux ou plusieurs colonnes des journaux géants de l'Amérique, étaient imprimés simultanément à New-York, Philadelphie, Baltimore et Washington par le télégraphe électro-chimique de Boston. Je disais dans ma première édition, en parlant de la découverte de Bain : « C'est le procédé de » l'immortel Jacquart appliqué à la télégraphie : il ne reste plus

» qu'une chose à désirer, c'est que M. Bain fasse réussir dans la pra-
» tique ce qui sourit si bien en théorie. » Mes vœux ont été largement exaucés. »

Du télégraphe électro-chimique à un appareil qui permette d'écrire soi-même à distance, au télégraphe autographique, il n'y a qu'un pas, mais un pas encore de géant. On lisait dans la *Litterary Gazette* du 23 septembre 1847 : On a fait la semaine dernière l'essai du télégraphe électrique autographe inventé par M. Bakewell, et qui a pour objet de transcrire à distance des copies d'une dépêche écrite, de telle sorte que le correspondant reconnaisse immédiatement l'écriture de celui qui lui adresse une nouvelle ou un ordre. Les expériences ont été faites sur l'embranchement du télégraphe électrique établi par la compagnie générale entre Seymour-Street et Slough, et il s'agissait de savoir si le même courant si faible qui met en jeu le télégraphe à aiguilles pouvait suffire à la transmission autographe des dépêches. Nous apprenons que le résultat obtenu est des plus satisfaisants, et que des copies très-lisibles de dépêches écrites de Londres ont été obtenues à Slough avec une rapidité de transmission double de celle qu'aurait donnée le télégraphe à aiguilles. On ajoute que M. Bakewell s'engage avec l'aide d'un seul fil conducteur à faire écrire 400 lettres par minute. En outre de cette rapidité excessive, le télégraphe autographe aura le grand avantage de donner une confiance beaucoup plus grande, puisqu'en reconnaissant l'écriture du correspondant, on sera mieux assuré de la vérité de la nouvelle qu'il transmet, ou de la volonté qu'il exprime.

Le passage suivant d'un mémoire lu à l'Académie des sciences le 22 avril 1850 au nom de M. Bain confirme les espérances que M. Bakewell avait fait concevoir. « Je profite de cette occasion pour annoncer à l'Académie, que j'ai l'intention de lui soumettre bientôt une autre méthode perfectionnée de communication télégraphique, grandement utile quand il s'agira de transmettre une dépêche en caractères imprimés ou écrits, et non plus en signes symboliques ou de convention.

» A l'aide du nouveau procédé qui est arrivé déjà à une très-grande perfection, une personne, de Paris par exemple, pourra écrire elle-même avec son écriture ordinaire, ou tracer en caractères d'imprimerie, une lettre quelconque sur un papier placé à une autre station éloignée, à Marseille, par exemple : cette lettre apparaîtra sur le pa-

pier avec autant de promptitude et d'exactitude que si la personne qui écrit tenait la plume à Marseille. C'est tout à fait comme si la plume électro-chimique qui pose sur le papier à Marseille avait son manche à Paris entre les doigts de l'écrivain : le fil conducteur qui s'étend de Marseille à Paris peut être considéré comme le prolongement de la tige de cette plume ; prolongement dont l'extrémité aboutit à la main du correspondant : si celui-ci imprime à cette extrémité le mouvement nécessaire pour écrire une phrase ou sa signature autographe, la plume de Marseille reproduira identiquement cette phrase et cette signature sur le papier préparé. » M. Bain nous a montré des autographes ainsi obtenus : sa patente et son brevet d'invention datent, dit-il, de 1843 pour l'Angleterre, de 1844 pour la France.

J'ai vu à Londres dans l'automne de 1845 les dessins d'un nouvel instrument à l'aide duquel on devait autographier soi-même, à une distance quelconque donnée, sa propre écriture. Tous les mouvements produits par la main à Londres, me disait dès lors M. Wheatstone, seront répétés fidèlement et régulièrement à Douvres ou à Paris ; vous écrirez ainsi, vous dessinerez par l'intermédiaire du fluide électrique à 20, 30, 50, 100 lieues et plus. Ces dernières lignes ont été insérées par moi il y a six ans dans l'*Époque* du 4 octobre, et je m'en réjouis, il n'était question alors ni des expériences de M. Bakewell, ni du projet de M. Bain, elles assurent donc à mon illustre ami M. Wheatstone la priorité de cette incroyable découverte.

## DEUXIÈME APPLICATION.

### *Horloge électro-télégraphique.*

Le bulletin de l'Académie de Bruxelles constate qu'avant le 8 octobre 1840, M. Wheatstone avait appliqué le principe de son télégraphe à faire lire simultanément en un grand nombre de lieux, l'heure donnée par une seule horloge régulatrice, ou en d'autres termes, qu'il était parvenu à télégraphier l'heure comme il avait télégraphié l'expression d'une pensée ou d'une volonté quelconque. Dans ce but, la roue destinée à fermer ou rompre le circuit, au lieu d'être mise en mouvement au moyen du doigt, comme dans le télégraphe, est rendue extrêmement légère, et reçoit sa rotation de l'arbre d'un mouvement d'horlogerie ; les aiguilles du cadran fixe placé à

distance sont mues par le même moyen absolument que le cadran du télégraphe. Les fils qui établissent la communication entre l'horloge et l'instrument qui doit répéter ou réciproquer son mouvement peuvent, comme dans le télégraphe électrique, avoir toute longueur voulue, et l'on pourra comprendre dans le circuit un nombre quelconque de ces instruments répétiteurs. L'horloge électrique de M. Wheatstone fut présentée et décrite pour la première fois dans une des réunions de la Société royale, au mois de décembre 1840; ce moyen d'indiquer en divers lieux l'heure donnée par un régulateur unique a été constamment mis en usage depuis ce jour dans King's-College et ailleurs. La notice suivante, publiée alors dans les *Procedings* de la Société royale, donnera une idée assez complète de cet ingénieux mécanisme.

« Le but de l'appareil qui est l'objet de la communication de M. Wheatstone est de rendre une seule horloge propre à indiquer exactement en différents lieux, aussi distants l'un de l'autre qu'on voudra, l'heure donnée par une seule et même horloge. Dans un observatoire, par exemple, chaque cabinet pourra être fourni d'un appareil très-simple dont la construction sera très-peu sujette à dérangement, d'un prix très-modique, qui indiquera l'heure, la minute, la seconde, et battra même chaque seconde aussi régulièrement que la pendule astronomique avec laquelle on l'aura mise en relation. On parera de cette manière à la nécessité d'avoir plusieurs horloges de grand prix; l'on diminuera les embarras qu'entraînent les allées et les venues; on échappera à l'obligation de régler séparément chaque horloge sur le mouvement des astres; etc.

» De cette manière encore, dans de grands établissements ou dans des administrations très-nombreuses, il suffira d'une bonne horloge pour indiquer l'heure dans toutes les parties de l'édifice où cette indication pourra être nécessaire, avec une exactitude qu'il serait impossible d'obtenir d'horloges distinctes, et avec une dépense beaucoup moins considérable. On pourrait énumérer un grand nombre d'autres circonstances où cette invention réalisera de très-grands avantages.

» Dans les horloges ou cadrans électriques mis en mouvement dans les divers appartements de la Société royale, on n'employait aucune des pièces dont on se sert ordinairement pour maintenir et régler la force motrice; chaque appareil se composait d'un simple cadran,

ayant ses aiguilles des heures, des minutes et des secondes, et de l'ensemble des roues par lequel, dans les horloges, l'aiguille des secondes communique le mouvement aux aiguilles des minutes et des heures. Un petit électro-aimant est destiné à rendre libre une roue d'une construction toute spéciale placée sur l'arbre de l'aiguille à secondes, de telle sorte qu'à chaque fois que le magnétisme temporaire est produit ou détruit, cette roue, et par conséquent l'aiguille des secondes, avance de la soixantième partie d'une révolution entière. Il est évident dès lors que si l'on parvient à établir et à rompre un courant électrique, dans des circonstances telles que l'ensemble d'une reprise et d'une cessation dure une seconde, ce qu'il est facile d'obtenir au moyen du régulateur ou horloge parfaite dont on veut multiloquer les indications, l'appareil-cadran ci-dessus décrit, quoique dépourvu de toute force régulatrice constante, remplira pleinement à son tour l'office de régulateur parfait.

» On peut obtenir de la manière suivante que la marche des deux aiguilles à secondes sur le régulateur et les divers cadrans reproducteurs soit tout à fait simultanée. Sur l'axe qui porte la roue d'échappement de la première horloge on fixe un petit disque de bronze dont la circonférence a été préalablement divisée en soixante parties; on entaille alternativement de deux en deux les divisions, et l'on remplit les vides de morceaux d'ivoire ou de bois isolant. Un ressort en cuivre extrêmement léger, vissé à un morceau de bois dur ou d'ivoire, et qui, par là même, n'est nullement en contact avec les parties métalliques de l'horloge, repose par son extrémité libre sur la circonférence du disque, un fil de cuivre attaché à l'extrémité fixe du ressort se lie à l'un des bouts du fil d'un électro-aimant, tandis qu'un second fil attaché au timbre de l'horloge vient rejoindre le second bout du même fil. Une pile à effet constant, de dimensions très-petites, s'interpose dans une portion quelconque du circuit. Dans cet arrangement, le courant est périodiquement fermé et rompu aussi souvent que le ressort a reposé d'abord sur une division en métal, puis sur une division en bois, c'est-à-dire à chaque seconde. Le courant peut d'ailleurs être transmis à travers une longueur quelconque; et un nombre quelconque aussi d'appareils électro-magnétiques peut de cette manière répéter toutes les indications de l'horloge régulatrice. Il faut seulement faire observer que la force de la pile, que le rapport de la résistance du fil de l'électro-aimant et celles des fils du circuit, doi-

vent varier dans chaque cas particulier, si l'on veut obtenir le maximum d'effet avec la plus petite dépense de force. »

En terminant son mémoire, M. Wheatstone indiquait plusieurs moyens différents par lesquels on pouvait atteindre le même but. Un de ces moyens consistait à employer les courants d'induction découverts par M. Faraday, au lieu du courant direct d'une pile voltaïque.

Il décrivait aussi une modification du moteur sympathique étudiée de telle sorte que le mouvement pouvait se propager à de grandes distances avec un bien plus faible courant que dans la première disposition.

Je viens d'attribuer à M. Wheatstone la réalisation en Angleterre des horloges électriques et de l'impression des dépêches : or cette double gloire lui a été vivement contestée par M. Bain, et il m'est impossible de ne pas entrer à ce sujet dans quelques détails. M. Bain fait d'abord affirmer par un horloger, M. Dowall, qu'au printemps de 1838 il avait annoncé qu'il voulait appliquer l'électricité au mouvement des horloges; qu'il pouvait faire marcher simultanément un nombre quelconque d'horloges par des procédés électriques, sans ressorts ou balancier. Viennent ensuite deux autres amis, MM. Pinkerton et Laurie, qui déclarent avec M. Dowall, en 1842, qu'en juin et juillet 1840 ils avaient vu chez M. Bain des modèles de l'horloge électro-magnétique et du télégraphe imprimant les dépêches. M. Bain enfin, mis en rapport avec M. Wheatstone par l'intermédiaire de M. Baddelay, affirme sur tous les tons et sous toutes les formes qu'avant sa première visite, qui eut lieu le 1er août 1840, le célèbre professeur de King's-College n'avait pas eu la moindre idée du procédé d'impression des dépêches et de l'horloge électro-magnétique; que du moins il n'avait à cet égard aucun plan arrêté, tandis que lui, Bain, avait dès lors construit deux modèles, qu'il apporta à une seconde entrevue, et qu'il refit ensuite avec l'argent de M. Wheatstone.

Écoutons maintenant la défense. Le 18 juin 1842, M. Wheatstone écrivait la lettre suivante au rédacteur du *Litterary Gazette :*

« M. Bain affirme que je ne suis pas l'inventeur de l'horloge électro-magnétique, et que je n'oserais pas réclamer publiquement cette découverte comme mienne. Je réponds que, le 26 novembre 1840, j'ai lu à la Société royale un mémoire descriptif de cette invention, que je m'attribuais; j'ajoute que, le soir de ce même jour, l'horloge élec-

tro-télégraphique fut mise en mouvement dans la bibliothèque de la Société, et y fonctionna pendant plusieurs jours. Un extrait de mon mémoire fut publié dans les *Proceedings* de la Société royale, et le *Litterary Gazette* du 28 annonça l'objet de ma communication. Ce fut seulement au mois de janvier suivant qu'une note à moi adressée par M. Barwise, qui se posait comme inventeur, m'apprit que mes droits à cette découverte étaient contestés. Quelque temps après, cette même invention fut signalée dans les placards et les annonces de l'*Exhibition polytechnique* comme appartenant en commun à MM. Barwise et Bain. Ce dernier est un ouvrier mécanicien que j'avais employé dans les mois d'août à décembre 1840.

» On ne peut donc révoquer en doute que le premier j'ai fait connaître cette découverte en la réclamant pour moi, et il me reste à réfuter l'assertion par laquelle M. Bain prétend qu'il m'aurait communiqué cette invention au commencement d'août 1840, c'est-à-dire trois mois avant ma publication. Je réponds d'abord qu'il n'y a aucune différence essentielle entre l'horloge télégraphique et l'une des formes que je donnai au télégraphe électro-magnétique inventé par moi, et décrit dans la spécification de la patente qui nous a été garantie à M. Cooke et à moi en janvier 1840. L'horloge est une des nombreuses et évidentes applications que l'on peut faire du principe de la télégraphie électrique; il suffisait pour qu'elle fût réalisée que l'idée de télégraphier le temps s'offrît à l'esprit et cette idée pouvait se présenter facilement à toute intelligence ordinaire. Quand on télégraphie des dépêches, la roue qui doit fermer et rompre le courant, le rhéotome, est mise en mouvement par le doigt de l'opérateur. Quand il s'agit de télégraphier le temps, le rhéotome tourne avec l'arbre de l'horloge : voilà toute la différence. La question est donc ramenée à ces termes : L'idée d'appliquer mon invention première à télégraphier le temps est-elle pour moi une idée propre, ou m'a-t-elle été suggérée par M. Bain? J'ai simplement à prouver que, longtemps avant la date mise en avant par M. Bain, j'avais expliqué à plusieurs de mes amis de quelle manière je prétendais modifier mon télégraphe, pour arriver à montrer l'heure d'une première horloge donnée, dans toutes les chambres d'une maison ou dans toutes les maisons d'une ville. Parmi ces amis, ceux dont les noms suivent ont pu, en raison de circonstances diverses, me rappeler exactement la date des communications que je leur fis : ce sont MM. Airy, astronome royal; le docteur W.-A. Miller,

de King's-College; John Martin, artiste éminent, et F.-O. Ward, ancien élève de King's-College. Je puis ajouter aux déclarations précises de ces hommes honorables la réponse faite immédiatement à la lettre que M. Bain fit insérer dans le *Inventor's advocate*, par M. Lamb, un des ouvriers mécaniciens employés par moi, réponse dans laquelle M. Lamb prouvait invinciblement que l'assertion émise par M. Bain était inadmissible, puisque lui, M. Lamb, avait reçu de moi, dès le 6 janvier 1840, c'est-à-dire plus de six mois avant la prétendue communication de M. Bain, toutes les instructions nécessaires à la confection de l'horloge télégraphique.

» Je répète hardiment que je ne suis redevable en aucune manière à M. Bain ni de l'idée ni des détails de l'horloge télégraphique, et vous conviendrez, je l'espère, monsieur le rédacteur, que j'ai pleinement réfuté ses assertions. »

M. Bain essaya de répondre à cette lettre écrasante; mais je ne trouve dans sa réponse aucun argument tant soit peu concluant en sa faveur. Il décrit longuement son arrivée à Londres, ses angoisses, ses entrevues avec M. Wheatstone, l'achat du modèle, etc., etc. Vous attendiez la réfutation des preuves mises en avant par M. Wheatstone, la voici :

Le savant professeur prétend avoir dit à ses amis qu'il pouvait reproduire l'heure d'une première horloge dans toutes les maisons d'une ville; or, reproduire ainsi l'heure d'une seule horloge dans toutes les maisons même d'une petite ville est chose impossible, donc le savant professeur n'a pas tenu le langage qu'on lui prête. Et pour prouver cette prétendue impossibilité, M. Bain affirme que la quantité d'électricité nécessaire à la production de l'effet voulu serait telle qu'on ne pourrait la conduire par des fils, mais seulement par des barres, et que de plus ces barres métalliques deviendraient rouges en quelques minutes.

Comme M. Bain maintenait ses premières assertions, M. Wheatstone crut devoir les réfuter encore une fois en faisant imprimer dans le *Litterary Gazette* du 20 mars 1842 les documents suivants : 1° une déclaration de quatre hommes éminents, MM. Robert Willis, J.-F. Daniel, N. Arnolt, W. Snow Harris, qui affirment que, dans leur conviction intime, l'horloge télégraphique et l'impression des dépêches sont deux applications saillantes, faciles, du principe de la télégraphie électrique inventée en 1839 par M. Wheatstone; 2° quatre lettres

de MM. Martin, Miller, Ward et Coowper. M. Martin assure que M. Wheatstone lui parla en mai 1840, dans King's-College, de son projet de télégraphier l'heure; il ajoute avoir fait alors la réflexion naïve suivante : « Vous conduiriez donc le temps à travers les rues de Londres, comme nous conduisons maintenant l'eau? » M. Miller entendit M. Wheatstone développer cette idée le 17 juillet 1840. M. Ward raconte que, le 20 juin 1840, pendant qu'il tournait la manivelle du rhéotome, il lui échappa de dire que si le rhéotome tournait d'un mouvement uniforme, les signes télégraphiques indiqueraient l'heure. Provoqué par cette réflexion faite à haute voix, M. Wheatstone répondit : « C'est ce qui aura lieu en effet; j'ai conçu une modification du télégraphe électrique à l'aide de laquelle une horloge unique indiquera l'heure à la fois dans un grand nombre de lieux. » Curieux de connaître de quelle manière on obtiendrait ce résultat étonnant, M. Ward interrogea M. Wheatstone, qui lui expliqua, sur un dessin, comment, à l'aide des oscillations d'un pendule, il pouvait arriver à rompre et refermer le courant, de manière à produire des signaux isochrones sur un nombre donné de cadrans. M. Ward ajoutait que M. Wheatstone lui indiqua encore d'autres moyens d'atteindre ce but, mais que le mode par emploi du pendule resta fixé surtout dans son esprit.

Ces témoignages de personnes indépendantes et désintéressées suffisaient à justifier pleinement M. Wheatstone.

« Il est entièrement faux, ajoute-t-il, que M. Bain m'ait jamais montré un modèle d'horloge télégraphique, soit en avant, soit après l'époque à laquelle je l'employai. Il n'a pas donné la moindre preuve qu'il eût à cette époque en sa possession un semblable modèle. Il n'a jusqu'ici introduit le témoignage d'aucune personne affirmant l'avoir vu chez lui.

» Il y a plus de huit mois que M. Bain a commencé à réclamer contre moi, et malgré l'appui qu'il a reçu des propriétaires de l'*Exhibition polytechnique*, malgré le concours d'autres personnes qui le soutiennent, il n'a encore réussi qu'à imiter les dispositions mécaniques du télégraphe électrique. Il ignore entièrement les principes de communication à distance au moyen d'électro-aimants que j'ai établis le premier en partant du beau théorème de M. Ohm. L'instrument produit par lui dernièrement à l'*Exhibition polytechnique* peut sans doute fonctionner dans un petit espace, comme

beaucoup d'autres appareils, mais il serait dans l'impuissance absolue de fonctionner à travers une longue étendue de fils, tandis que tout le monde sait que mes télégraphes agissent à travers des fils de plusieurs milles de longueur, sous l'influence d'un petit nombre d'éléments voltaïques de dimensions très-petites. Rien n'est plus propre à faire ressortir l'ignorance entière de M. Bain et de ses collaborateurs, relativement aux lois de l'électricité, que cette assertion qu'un fil rougira avant qu'on puisse obtenir un courant assez fort pour mettre en action simultanément un grand nombre d'électro-aimants dans un même circuit. Tout homme familiarisé avec ce genre de recherches sait que, pour produire un effet donné dans chaque électro-aimant, le nombre des éléments voltaïques doit être en proportion avec les résistances additionnelles du circuit; mais dès que cette condition est remplie, l'intensité du courant dans chaque section du fil, et par conséquent la température du fil, restera la même.»

Ce que je viens de dire suffit, je pense, pour résoudre pleinement la question de priorité soulevée par les attaques si vives de M. Bain. Les documents que j'ai analysés sont irrécusables, mais ils présentent beaucoup moins d'intérêt depuis qu'il est démontré par un titre authentique, la concession faite par le roi de Bavière, que M. Steinheil a le premier réalisé la belle application de la télégraphie électrique à la mesure et la transmission du temps. J'ajoute seulement un mot :

M. Arago a fait récemment à l'Académie une belle profession de foi : « Les savants, a-t-il dit, doivent, suivant moi, respecter jusqu'au scrupule les droits des artistes qui travaillent pour eux. S'il était vrai que ce principe eût été quelquefois méconnu, j'aurais montré, quant à moi, par ces explications et ma communication combien il me paraît sacré. » J'applaudis pleinement à ces nobles dispositions de cœur de l'illustre secrétaire perpétuel, et comme lui je serai toujours prêt à défendre les droits de l'ouvrier intelligent dès qu'ils me seront démontrés : mais quand trop souvent l'ouvrier, par un fol orgueil, voudra disputer au savant qui l'employa, non-seulement des perfectionnements mécaniques qu'il a très-bien pu proposer, mais jusqu'à ses idées, et des idées authentiquement reconnues siennes par une première invention qui les renfermait ; alors, bien malgré moi, je défendrai même le fort contre le faible, parce que le faible est devenu un agresseur injuste, et que la faiblesse non plus que la force ne constitue pas le droit.

Voici donc qu'un magnifique problème est résolu. Au moyen d'appareils éminemment ingénieux, une seule et unique horloge peut indiquer l'heure, la minute, la seconde en un nombre quelconque de lieux séparés par des distances aussi grandes que l'on voudra.

Dans un observatoire, par exemple, chaque salle, chaque cabinet pourra être muni d'un mécanisme simple, d'un prix très-modique, qui ne se dérangera jamais et qui cependant reproduira à tous les instants du jour ou de la nuit l'heure, la minute, la seconde donnée par le régulateur placé près de la lunette méridienne. Ces appareils battront ou sonneront même, si l'on veut, la seconde aussi régulièrement que l'excellente pendule astronomique avec laquelle on les a mis en relation à l'aide de courants électriques. On parera de cette manière à la nécessité d'avoir plusieurs horloges de grand prix, on diminuera les embarras qu'entraînent les allées et les venues, on échappera à l'obligation de régler séparément chaque horloge sur le mouvement des astres, etc., etc.

Quand on télégraphie des dépêches, la roue qui doit fermer et rompre le courant est mise en mouvement par le doigt de l'opérateur ; quand il s'agit de télégraphier le temps, cette même roue tourne avec l'arbre de l'horloge ou les oscillations du pendule, voilà toute la différence.

Il est certain qu'on peut ainsi arriver facilement à montrer l'heure d'une première horloge donnée dans toutes les chambres d'une maison, dans toutes les maisons et sur toutes les places d'une ville. Qui de nous n'a gémi des différences énormes que présentent à toutes les stations des voitures publiques ces prétendus régulateurs qui ont tant coûté à la ville de Paris? Un temps viendra où l'horloge de l'Hôtel-de-Ville répétera mille fois, sur mille points séparés, son heure et sa minute régulatrice. Alors, suivant l'expression naïve d'un heureux témoin des expériences de M. Wheatstone, on aura conduit le temps à travers les rues de nos cités, comme on conduit maintenant l'eau et le gaz. Il fallait, du reste, que la Providence rendît possible cette régularité absolue, car les sociétés nouvelles, grâce aux chemins de fer, seront emportées avec tant de vitesse, que les heures ne seront plus que des minutes ou des secondes.

## TROISIÈME APPLICATION.

### *Système de sonnettes mises en mouvement par le courant électrique.*

Dès que M. Wheatstone fut parvenu, par les procédés si ingénieux que nous avons décrits, à faire sonner le réveil ou l'alarme des télégraphes électriques, il lui fut comme impossible de ne pas remarquer que ce mécanisme pourra s'utiliser partout où l'on voudra faire sonner à distance une cloche ou timbre quelconque. Ainsi prit naissance le système de sonnettes dont nous parlons. Il fut immédiatement employé dans la chambre des communes et dans plusieurs autres établissements publics; l'appareil moteur est tantôt une pile, tantôt une machine électro-magnétique Cette application curieuse prendra tous les jours une nouvelle extension : on pourra faire sonner ainsi des cloches même très-pesantes, sans qu'on ait besoin d'imprimer un mouvement aux fils de communication, sans qu'on ait recours à aucun levier. Il suffira de fils très-fins qu'on ne sera pas forcé de tendre, qui pourront suivre tous les détours imaginables, et d'une petite pile à effet constant, dont l'action se continuera pendant des mois entiers sans qu'on ait besoin d'y faire la plus petite attention. Cette pile produira la force nécessaire pour mettre en mouvement avec une très-grande économie toutes les sonnettes du plus vaste établissement.

## QUATRIÈME APPLICATION.

### *Appareil propre à rendre plus facile la comparaison de deux pendules.*

Il arrive continuellement que, dans les observatoires surtout, on ait à comparer à un pendule-étalon divers pendules à secondes, qui devront servir plus tard à des expériences précises de géodésie. Cette comparaison est une opération délicate, que l'on exécutait jusqu'ici en étudiant attentivement avec l'oreille les oscillations des deux pendules à comparer, et notant avec le plus grand soin les coïncidences. Pour qui connaît la mobilité de l'esprit humain, cette méthode des coïncidences apparaîtra sujette à beaucoup d'erreurs. Il y a peu de jours, un des astronomes attachés à l'Observatoire royal, M. Faye,

parlait devant moi d'un moyen nouveau qu'il étudiait depuis quelque temps, et qui reposait sur le principe fondamental de la transmission instantanée de l'étincelle électrique. Ce moyen me parut très-complexe et très-difficile à réaliser, et j'osai faire part à mon tour d'une idée qui m'avait été inspirée par ce que j'avais appris de l'horloge électrique de M. Wheatstone. Voici quelle serait la disposition générale de l'appareil. On se servira des oscillations des deux pendules à comparer pour faire mouvoir sur un même cadran deux aiguilles, pour obtenir ce résultat il suffira évidemment de suspendre aux extrémités des deux pendules deux petits fils mobiles très-minces qui, lorsque les pendules arriveront au point le plus bas de leur course, établiront ou fermeront le courant; la fermeture du courant aimantera les petits morceaux de fer doux liés aux échappements d'horlogerie qui doivent faire mouvoir les aiguilles correspondant à chaque pendule : chaque oscillation des pendules fera donc faire un pas aux aiguilles, et la comparaison des pendules, si pénible quand on voulait y procéder directement, est ramenée à la simple considération de la marche de deux aiguilles sur un même cadran.

## CINQUIÈME APPLICATION.

*Moyen de soustraire les pendules astronomiques à l'influence des variations de la température et de la pression atmosphérique.*

L'influence de la chaleur sur la marche des pendules astronomiques a été combattue directement par les dispositions compensatrices; on a su opposer la chaleur à elle-même, et obtenir la régularité, l'uniformité à l'aide de la cause même qui tendait à produire l'effet contraire. Mais la précision que l'artiste a donnée par cet artifice aux appareils d'horlogerie n'atteint pas encore le but proposé; les dilatations de plusieurs verges métalliques s'opérant en sens contraire, de façon à la neutraliser à chaque instant dans leurs effets sur la marche du pendule, offrent l'idéal qu'on n'a pas entièrement réalisé, peut-être qu'en suivant une voie nouvelle on aura plus de chances d'un succès complet.

Au lieu de combattre directement les variations du pendule, M. Faye propose de les supprimer. La nature nous offre en chaque

lieu une couche terrestre plus ou moins profonde où ces variations cessent de se produire; c'est la couche de température invariable située dans nos climats à 25 mètres au-dessous du sol, à quelques pieds seulement sous d'autres latitudes. Une pendule placée dans cette couche de température invariable ne serait plus soumise qu'à deux causes d'erreur, dont une peut être supprimée aisément, comme nous allons l'indiquer, et dont l'autre a déjà été combattue avec succès par les efforts réunis de MM. Laugier et Winnerl.

Supposons une horloge dont le pendule, débarrassé de son appareil compensateur, resterait invariable, parce qu'aucune influence extérieure ne tendrait à produire de dilatation ni de contraction, et voyons si les autres causes d'erreur, toujours agissantes dans les cas ordinaires, ne pourraient pas être supprimées du même coup. On sait que la résistance de l'air ambiant exerce sur les oscillations d'un pendule une action variable suivant la pression atmosphérique. D'après M. Struve, une variation de 1 pouce anglais dans la hauteur de la colonne barométrique produit une variation de 0$^s$,30 dans la marche diurne de l'horloge. Bessel, qui s'est fortement préoccupé de cette cause d'erreur, a montré comment il faut s'y prendre pour y remédier; il a proposé de mettre dans la tige même du pendule un baromètre étroit dont la cuvette serait placée dans la lentille, vers son centre de gravité. Les variations de pression de l'atmosphère se reflèteraient sur celles du niveau du baromètre, et déplaceraient le centre d'oscillation du pendule de certaines petites quantités calculables à l'avance; les dimensions étant réglées par l'analyse et par des essais convenables, on arriverait ainsi à compenser le pendule pour les variations de pression, à peu près comme on l'a compensé déjà pour celles de température. Mais on voit comment, à chaque cause d'erreur qu'on parvient à combattre, on se trouve condamné à introduire une complication nouvelle dans l'appareil primitivement si simple du pendule, et peut-être aussi de nouvelles causes d'erreur, plus complexes, capables d'opposer un obstacle invincible aux progrès ultérieurs.

M. Faye croit que le moyen proposé par lui est plus fécond, car il détruit à la fois, et pour ainsi dire d'un seul coup, les variations de température et de pression atmosphériques. Le pendule étant placé dans la couche de température invariable, il suffit de supprimer toute communication entre l'air intérieur de la boîte et l'air ambiant pour faire disparaître la seconde cause d'erreur.

Mais comment tirer parti d'une horloge placée sous terre, à une assez grande profondeur, dans une cavité close, où il faut se garder de donner accès aux courants d'air et à l'influence perturbatrice des corps vivants? L'électricité résoudra ce problème : l'horloge type sera l'appareil moteur de signaux télégraphiques que les courants iront porter dans toutes les parties d'un vaste observatoire, avec une précision qui ne restera pas au-dessous des exigences astronomiques. M. Faye avait pensé que les appareils télégraphiques ordinaires, légèrement modifiés, pourraient transporter les signaux de l'horloge-type sur des cadrans vides, où une aiguille marquerait la seconde qu'un petit appareil additionnel très-simple, usité dans nos compteurs, aurait été chargé de frapper : M. Foucault lui a signalé plusieurs inconvénients graves de cette solution et a bien voulu en chercher une meilleure, dont voici les éléments principaux. On profiterait du mouvement oscillatoire de l'axe qui porte la fourchette pour opérer alternativement la distribution de l'électricité dans deux fils métalliques, lesquels, allant s'enrouler sur deux électro-aimants, les aimanteraient chacun à son tour pendant la durée d'une seconde. Ces électro-aimants, qui devront être très-petits, exerceront sur les oscillations une action accélératrice ou retardatrice, suivant que l'horloge subordonnée tendrait à retarder ou à avancer sur la pendule principale.

M. Laugier, tout en avouant que l'emploi de l'électro-aimant peut très-bien réussir dans les horloges ordinaires, ainsi que l'expérience l'a prouvé depuis longtemps, croit que son introduction dans les horloges astronomiques soulèverait beaucoup de difficultés. Ainsi, sans parler du mode de transmission et de la nature de l'action de l'électro-aimant, il est à craindre qu'on n'augmente dans le mécanisme de l'horloge le nombre toujours trop grand des points de contact : ce dernier inconvénient est fort grave; il a suffi pour faire abandonner, pour les régulateurs astronomiques, le mécanisme du remontoir, l'une des plus précieuses inventions de l'horlogerie.

M. Faye a répondu dans les termes suivants : « Quant à l'agent électro-dynamique qui jouera un rôle essentiel dans la combinaison nouvelle, je n'ai point dissimulé les difficultés inhérentes à son mode d'action et à son application aux horloges ; c'est même pour cette raison que je me suis adressé à une personne habituée à le faire fonctionner sous toutes les formes. D'ailleurs, si l'appareil électro-moteur à courant constant est soustrait lui-même aux variations de la température

extérieure, si le fil conducteur est parfaitement isolé, et cela me paraît facile à réaliser dans l'intérieur d'un observatoire; si l'appareil commutateur surtout est exécuté avec la précision convenable, l'influence nuisible se réduira, pour l'horloge-type, à celle d'un rouage de plus, pour les signaux transmis, à une erreur constante indifférente pour nous : et la question étant ramenée à ces termes, je ne vois pas qu'on puisse mettre en balance les inconvénients avec les avantages signalés plus haut. »

Nous n'insisterons pas davantage sur cette application, que l'on comprendra facilement, après tous les détails dans lesquels nous sommes déjà entré.

## SIXIÈME APPLICATION.

*Détermination de la différence des longitudes. — Projet d'observations relatives à la recherche des lois des ouragans de l'Amérique du Nord.*

(Extrait d'une lettre de M. E. Loomis à M. Sabine.)

« New-York, 2 août 1847.

» ... J'ai entrepris depuis quelque temps un travail qui vous inspirera peut-être quelque intérêt, c'est la détermination exacte de la différence de longitude entre Philadelphie et Washington au moyen du télégraphe magnétique. Le télégraphe magnétique de M. Morse est en activité depuis un temps considérable entre ces deux localités, et M. Bache a proposé de se servir de cette ligne pour la transmission des signaux propres à la comparaison des heures locales dans la triangulation de nos côtes. En conséquence, j'ai fait établir un observatoire temporaire l'an dernier, aussi voisin de la ville que les circonstances l'ont permis, et j'y ai établi un instrument des passages et une horloge. Un fil a été conduit de mon observatoire au bureau du télégraphe, et me mettait ainsi en communication avec la ligne régulière de Philadelphie. Un autre fil a été mené du bureau du télégraphe de Philadelphie à l'observatoire de High-School, et un autre du bureau du télégraphe de Washington à l'Observatoire national. Ainsi, trois observatoires, à New-York, à Philadelphie et à Washington, se trouvaient en communication télégraphique ; et après avoir déterminé notre

temps local par des observations astronomiques, nous n'avons plus eu besoin que d'un signal qu'on pût saisir simultanément aux trois localités. Ce signal nous a été fourni par un aimant à la manière ordinaire des communications télégraphiques. Notre plan d'opération a été le suivant. A dix heures du soir, lorsque le service ordinaire de la compagnie a été terminé, nos trois observatoires ont été mis en communication l'un avec l'autre, et après que cette communication eut duré un temps suffisant pour avoir la certitude que tout était en bon ordre New-York a commencé à donner les signaux. Au commencement d'une minute à mon horloge, je touchai la clef de mon registre, et on a entendu simultanément un coup à New-York, à Philadelphie et à Washington. Les trois observateurs ont noté le temps chacun à leur horloge. Au bout de dix secondes, j'ai répété un semblable signal et on a noté les temps; après dix autres secondes, j'ai renouvelé le signal, et ainsi de suite jusqu'à vingt fois. Après avoir attendu une minute, Philadelphie a répété la même série de signaux, et on a de même noté les temps. Nous avons encore attendu une minute, et Washington a répété les mêmes signaux à son tour. Nous avons donc obtenu ainsi soixante comparaisons de nos horloges, qui nous donneront la différence de nos longitudes avec une exactitude aussi grande que celle qui aura été mise dans la détermination du temps local.

» Nous avons, dans notre première expérience, éprouvé un grand nombre de mécomptes très-graves, ainsi qu'on aurait dû s'y attendre, par suite de la nouveauté et de la délicatesse de l'entreprise; mais nous avons tout surmonté. Dans *cinq* soirées différentes nous avons transmis de bons signaux, aller et retour, et nous nous proposons de poursuivre les comparaisons jusqu'à ce qu'on ne puisse plus espérer d'atteindre un plus haut degré d'exactitude. Les erreurs de nos horloges n'ont pas été rigoureusement calculées, et nous n'avons pas encore obtenu de résultat final; mais nous avons déjà fait des comparaisons suffisantes pour apprendre que les résultats des différentes soirées s'accordent d'une manière remarquable les uns avec les autres. Je pense que les différences extrêmes entre les diverses séries d'observations ne s'élèveront qu'à une petite fraction de seconde. Il me semble que ce mode pour la détermination des différences de longitude devra remplacer toutes les autres méthodes entre les localités qui seront reliées entre elles par un fil télégraphique. Ces observa-

tions peuvent être répétées indéfiniment, et la longitude peut, je crois, être déterminée avec une précision tout au moins égale à celle des temps locaux. Je présume qu'on ne saurait en dire autant des autres méthodes : je n'ai pas encore appris que ce moyen ait été mis en usage en Europe, quoique l'application se présente d'elle-même ; pourriez-vous m'informer s'il y a eu quelque tentative du même genre ?

» J'ai eu déjà plusieurs fois l'occasion de signaler l'importance d'un plan combiné dans ce pays pour les observations météorologiques, et je suis heureux de vous apprendre que le projet d'une semblable combinaison est sur le point de se réaliser. M. J. Henry, qui vient d'être placé à la tête de l'institut Smithson, qu'on vient d'organiser, a le projet de faire une grande campagne météorologique qui durera trois années, et de couvrir toute la surface des États-Unis du plus grand nombre possible d'observateurs. Ce projet sera soumis au congrès, mais nous avons besoin en même temps de l'assistance du gouvernement anglais. Vous savez, d'après les documents que je vous ai transmis, que nos grands ouragans se propagent souvent au delà du nord des États-Unis. Lorsque le centre d'un ouragan voyage le long de la vallée de Saint-Laurent, ses limites s'étendent parfois jusqu'au golphe du Mexique. Les observations faites au Mexique n'embrasseront souvent que la *moitié* seulement d'un violent ouragan d'hiver, et c'est précisément la classe d'ouragans dont on doit attendre le plus de notions précieuses, parce que leurs phénomènes sont plus énergiquement développés. A moins donc que nous n'obtenions des observations simultanées sur les possessions britanniques, au nord de notre pays, nous croirons nos observations privées de la moitié de leur valeur. Il serait à désirer de voir le gouvernement britannique et la compagnie de la baie d'Hudson nous prêter leur appui. Nous proposons qu'à toutes les stations du gouvernement on tienne un registre pendant une période de une, deux ou trois années. Je pense qu'on pourrait avoir ainsi une centaine de stations. Les premiers frais pour les instruments seraient peut-être un peu considérables, mais ceux pour les observations probablement nuls. Si votre gouvernement veut y coopérer, je crois que l'institut Smithson entreprendra l'organisation de ce service aux États-Unis. »

(Trad. du *Philos. mag.*, cah. de novembre 1847.)

Voici le complément pratique de la pensée de M. Espy ; je le trouve dans une note curieuse lue par M. Ball dans une des séances de l'Association britannique pour l'avancement des sciences réunie à Swansea en septembre dernier.

Le temps beau ou mauvais, chaud ou froid, sec ou humide, dépend, dans un lieu donné, de certaines causes ou conditions physiques, de chaleur, de pression atmosphérique, d'humidité, de direction et de vitesse du vent, etc. Quelques-unes de ces causes sont plus particulièrement locales, en ce sens qu'elles naissent et peuvent être immédiatement observées au lieu où l'on est. Les autres, au contraire, le vent, par exemple, avec sa direction et sa vitesse, naissent ailleurs à une certaine distance et ne viennent exercer leur influence sur l'état atmosphérique du lieu où est placé l'observateur, qu'après avoir parcouru une distance plus ou moins longue, avec une vitesse plus ou moins grande. L'influence des premières causes, pression atmosphérique, température, état du ciel, etc., est en général moins grande ; elle peut dans tous les cas être appréciée et comme prédite d'avance par une série plus ou moins longue d'observations météorologiques faites dans le lieu dont il s'agit. Mais les secondes causes, qui sont nées ailleurs, et qui viennent, après un temps plus ou moins long, exercer leur influence perturbatrice, avaient jusqu'ici pour caractère essentiel l'*imprévu*, de telle sorte que prédire le temps semblait une prétention ridicule, une tentative téméraire, une idée chimérique. En sera-t-il encore ainsi, maintenant que le télégraphe électrique fonctionne? Évidemment non. Admettons, en effet, qu'il s'agisse de Londres, et que chaque jour, ou deux fois par jour, nous y recevions par le télégraphe électrique les observations météorologiques des points les plus éloignés du royaume de la Grande-Bretagne, avec la pression barométique, la température, le degré d'humidité, la direction, la vitesse et la force des vents. De fait, toutes ces indications, avec les moyens actuels et les communications établies par la Compagnie générale de télégraphie électrique, peuvent parvenir à Londres en moins de quatre heures des extrémités de l'Irlande, du centre de la France, des bords les plus reculés du Rhin, des frontières même de la Hongrie et de la Pologne. Comme en général la vitesse des vents ne dépasse pas vingt milles à l'heure, il résulte de la transmission comme instantanée du télégraphe électrique qu'à Londres on saura assez longtemps à l'avance qu'un vent né ou ap-

paru dans l'une des régions dont nous venons de parler s'avance avec tel degré d'intensité, en parcourant tant de lieues à l'heure, et que l'on pourra annoncer jusqu'au moment exact de son arrivée. Et parce que, après avoir éliminé d'avance, par l'expérience d'un très-grand nombre d'années et de longues séries d'observations, l'influence des causes locales, on sait réellement le temps qu'amène le vent dont nous parlons, on prédira ce temps avec une sorte d'infaillibilité. Le grand, l'immense problème des temps modernes, sera ainsi résolu, et la météorologie sera devenue une science pratique aussi sûre que l'astronomie dans ses indications prophétiques.

Déjà l'*Express*, journal du soir de Londres, avec l'aide de la Compagnie de télégraphie électrique, publie exactement chaque jour les observations météorologiques faites à un instant donné sur tous les points des Trois Royaumes Unis. Les matériaux du magnifique travail proposé par M. Ball sont donc réunis, et il ne s'agit plus que de les mettre en œuvre.

A Munich, déjà, comme M. Lloyd l'a très-bien fait remarquer, M. Lamont, avec les ressources trop bornées du télégraphe ordinaire, a réalisé une partie de ces merveilles. Une discussion facile des observations météorologiques qui lui arrivaient des différentes parties du royaume lui a permis d'annoncer vingt-quatre heures à l'avance des tempêtes ou d'autres perturbations atmosphériques.

## SEPTIÈME APPLICATION.

### *Thermomètre-télégraphe.*

Les applications que nous avons énumérées jusqu'ici sont frappantes sans doute et grandement utiles, elles le cèdent cependant sous ce double rapport au thermomètre-télégraphe, nouvel élan du génie de M. Wheatstone et qui fut annoncé d'abord au monde savant par une note insérée dans le Bulletin de l'Académie de Bruxelles, mai 1843.

« Par le simple contact du mercure avec un fil fin de platine placé dans le tube des instruments météorologiques, on peut apprécier, de demi-heure en demi-heure, la marche du baromètre, du thermomètre, du psychromètre, etc., avec plus de certitude que ne le pourrait l'observateur le plus exercé, et cela à quelque distance que l'on

soit des instruments dont il s'agit, qu'ils aient été emportés dans l'espace par un ballon captif, ou qu'on les ait enfouis en terre.

Ici, vraiment, l'imagination s'effraie; les profondeurs de l'espace et de l'abîme sont devenues accessibles. Vous y déposez des instruments inertes, et l'espace et l'abîme se chargent de vous envoyer instantanément eux-mêmes les indications de pression atmosphérique, de température, d'humidité que vous avez désirées, et qui vous arrivent comme par enchantement dans votre laboratoire. Le fond du puits de Grenelle, par exemple, pourra vous faire connaître à volonté, et sans que vous ayez un pas à faire, la température, le volume et la vitesse de ses eaux. Dans quel monde de merveilles sommes-nous donc transportés? Naguère, c'était la lumière qui se faisait pour nous le plus étonnant des dessinateurs; aujourd'hui, c'est la nature tout entière qui vient se peindre sous nos yeux. Et remarquez qu'il n'est pas ici question d'une idée vague, d'un plan imaginaire. Le thermomètre-télégraphe existe; j'en donne la description dans ce volume : il fonctionne depuis longtemps à l'observatoire de Richmond.

Je crains que personne ne veuille croire, alors même que je l'aurai décrit, à l'existence du thermomètre-télégraphe, au moyen duquel les hauteurs de l'espace et les profondeurs de l'abîme, devenues accessibles, nous révéleront leurs mystères de chaleur et de froid, de sécheresse et d'humidité. J'ai donc résolu d'insérer ici le document suivant : c'est un rapport adressé à l'Association britannique pour l'avancement des sciences, par la commission chargée de diriger les expériences que l'on devait entreprendre avec des ballons captifs.

« L'appareil destiné aux expériences est achevé. Le ballon, qui a dix-huit pieds anglais de diamètre et vingt-cinq pieds de hauteur, a été reçu à Woolwich par le colonel Sabine. Le thermomètre-télégraphe de M. Wheatstone a été éprouvé; il fonctionne de la manière la plus parfaite à la distance de plusieurs milles. Nous avons commandé l'addition d'un second mécanisme destiné à donner les indications barométriques. Nous avons fait une série d'expériences sur la force et le poids des cordages des différentes sortes de fibres; nous avons arrêté la qualité qui convenait le mieux, et nous sommes heureux d'annoncer que M. Enderby, qui a pris le plus grand intérêt à ces recherches, veut faire cadeau à l'Association de la quantité de cordages nécessaire à nos expériences.

» Sur la somme de 250 liv. qui nous avait été allouée, nous avons dépensé 81 liv. 8 sch.

» Le directeur de l'usine à gaz de Woolwich a témoigné le plus grand désir de nous seconder, il a assisté à tous nos essais préliminaires ; grâce à ses soins, notre ballon a été aussi parfait que possible.

» Pour compléter les avantages déjà considérables de notre position à Woolwich, il est à désirer que l'Association adresse une requête au maître général de l'ordnance pour lui demander son appui. »

Ce rapport est signé par l'illustre M. Robinson, le président de la commission.

Le thermo-baro-psychro-hygro-anémo-mètre électrique était donc non pas un rêve, mais un fait. Il n'en resta pas moins un mystère qui a longtemps fatigué mon esprit ; je n'avais pas pu deviner le mécanisme ingénieux de M. Wheatstone, j'aurais bien plutôt conçu l'impossibilité du but qu'il voulait atteindre, et je ne puis résister au plaisir d'initier mes lecteurs par une description rapide à ce merveilleux progrès.

Le thermomètre-télégraphe que le ballon doit enlever dans les airs pèse, avec la boîte qui le contient, un peu plus de quatre livres. Il est ainsi construit : le mouvement d'une petite horloge fait descendre et monter régulièrement en six minutes un engrenage vertical : cet engrenage porte un fil fin de platine, qui se meut dans le tube du thermomètre : l'étendue des excursions du fil correspond à vingt-huit divisions de l'échelle thermométrique ; mais on peut l'ajuster de telle sorte qu'il puisse parcourir vingt-huit divisions quelconques de cette même échelle, de façon qu'en réalité il peut la parcourir tout entière. Deux fils fins de cuivre, recouverts de soie, et d'une longueur suffisante pour unir le ballon à la terre dans sa plus grande élévation, sont fixés à l'instrument de la manière suivante : l'extrémité de l'un des fils plonge dans le mercure du tube du thermomètre ; l'extrémité de l'autre est en contact avec la roue de l'horloge, laquelle roue communique métalliquement avec le fil de platine : les extrémités inférieures des deux fils sont sur le sol unies ensemble. On interpose sur le passage du fil, dont l'extrémité plonge dans le mercure du thermomètre, un galvanomètre sensible, et sur le passage du second fil une pile d'un seul élément à proportions très-petites. Si l'on a disposé le galvanomètre de manière que l'aiguille marque le zéro, il conservera cette même disposition tant que le fil de platine ne sera pas en con-

tact avec le mercure du tube; mais l'aiguille déviera aussitôt que le contact aura lieu, et restera déviée jusqu'à ce que ce contact soit de nouveau rompu par l'ascension de l'engrenage qui porte le fil. Pendant la demi-seconde de temps correspondant aux battements de l'horloge, le fil parcourt la 350e partie de son échelle, et par conséquent chaque point de l'échelle correspond à un battement différent, ou à une demi-seconde différente prise dans la série de trois minutes qui constitue le temps employé à parcourir l'échelle. Dès lors, si un observateur, muni à terre d'un chronomètre réglé de manière à suivre dans ses indications l'horloge emportée dans l'espace par le ballon, note l'instant précis auquel l'aiguille du galvanomètre a été déviée, il déduira immédiatement de cette observation la température indiquée par le thermomètre du ballon; car, suivant le degré différent d'expansion du mercure, c'est-à-dire suivant que la colonne de mercure sera plus ou moins haute, le contact du fil avec le mercure et par conséquent le courant s'établiront à une demi-seconde différente. Si les indications des deux chronomètres ne se correspondaient pas à la fin d'une série d'observations, les résultats obtenus ne seraient pas essentiellement défectueux; il suffirait de leur faire subir une correction facile.

Il est arrêté qu'on ajoutera à cet appareil un thermomètre à boule toujours mouillée ou un psychromètre, un baromètre, un anémomètre, etc.; cette addition exigera simplement qu'on munisse l'engrenage de plusieurs fils de platine, et qu'un même nombre de fils de cuivre, recouverts de soie, joignent le ballon à la terre, en renfermant dans le circuit un même galvanomètre.

Quand il s'agissait de transmettre à distance les indications des autres instruments télégraphiques, M. Wheatstone employait l'action d'un électro-aimant qui faisait sonner une cloche, imprimer un caractère ou écrire un pinceau; mais l'électro-aimant ne peut produire ces effets qu'autant que le courant a quelque intensité, qu'autant par conséquent qu'il est transmis par un fil assez gros. On ne pouvait évidemment recourir à ce moyen, quand il s'agissait d'expériences à faire avec les ballons captifs, parce que le poids du fil aurait été un inconvénient grave; et d'ailleurs si la pile était forte, le contact du fil de platine avec le mercure donnerait naissance à une étincelle qui troublerait les observations : il a donc fallu recourir aux déviations non moins tranchées de l'aiguille du galvanomètre.

Voilà comment, de six minutes en six minutes, on peut observer toutes les variations de pression, de température, d'humidité, etc., qui se produisent à une grande hauteur dans l'espace. Je vous dirais aussi facilement comment on pourrait apprécier à chaque instant la vitesse, la température et le volume des eaux du puits artésien de Grenelle.

## HUITIÈME APPLICATION.

*Chronoscope. — Moyen de mesurer des intervalles extrêmement courts, comme la durée du choc des corps élastiques, celle du débandement des ressorts, de l'inflammation de la poudre, la vitesse des projectiles, etc.*

Il est un fait qui doit dominer la longue discussion que cette application nouvelle va soulever, c'est que dès 1840 M. Wheatstone a fait annoncer par M. Quételet, dans une des séances de l'Académie de Bruxelles, que, par une extension du mécanisme de son télégraphe électrique, il avait trouvé le moyen de mesurer la durée des phénomènes qui se produisent dans un temps très-court, la vitesse des projectiles, etc.; il avait à cette époque, en un mot, inventé le chronoscope. L'idée du grand progrès que nous allons raconter lui appartient donc évidemment, il en a pris possession dans le monde entier, il ne peut rester de doutes que sur l'exécution de l'appareil. Est-il, oui ou non, devenu entre les mains de M. Wheatstone, avant que MM. de Konstantinoff et Bréguet s'en occupassent, un instrument réel pouvant donner et ayant déjà donné des résultats comparables, voilà la seule question à résoudre. La solution n'est pas douteuse pour moi : exposons d'abord les faits, écoutons les prétendants divers; la vérité ressortira de cette exposition facile, et nous conclurons sans peine.

### *Idée et procédés de M. Pouillet.*

La première note imprimée sur ce sujet est sortie de la plume de M. Pouillet; je la reproduis tout entière, parce que les considérations générales par lesquelles elle débute présentent un assez grand intérêt.

« On a fait des recherches intéressantes sur la rapidité avec laquelle s'exercent les actions électriques et magnétiques; mais en gé-

néral on n'a pas assez distingué ce qui appartient aux fluides eux-mêmes de ce qui appartient à la matière pondérable à laquelle ils impriment des mouvements. Cette distinction est d'autant plus nécessaire que l'action propre des fluides entre eux est primitive et directe, et qu'elle s'accomplit avec une prodigieuse vitesse, tandis que l'action qu'ils exercent sur les corps pesants est secondaire et indirecte; et par la nature des choses elle ne peut se manifester que par des mouvements dont la vitesse est incomparablement moindre. Ainsi, lorsqu'une aiguille de boussole est en équilibre sous l'influence du magnétisme terrestre, et qu'on la voit se dévier par une cause étrangère comme une décharge électrique, un coup de foudre ou une aurore boréale, il faut bien distinguer l'instant rapide où les fluides magnétiques ont été affectés, de l'instant tardif où nos yeux peuvent constater un mouvement appréciable dans la masse pesante de l'acier qui constitue l'aiguille. Il se pourrait bien faire qu'entre ces deux instants il y eût un intervalle de temps égal à mille fois ou à dix mille fois la courte durée pendant laquelle l'action propre des fluides s'est fait sentir. Les phénomènes qui se succèdent dans ces circonstances peuvent être assimilés, sous quelques rapports, à ceux qui se produisent dans le pendule balistique, quand le projectile, n'ayant qu'une masse relative petite, se trouve animé cependant d'une très-grande vitesse : alors le pendule peut être tellement disposé que son mouvement, par rapport à la courte durée du choc, ne devienne bien perceptible qu'après un temps considérable. Aussi n'essaie-t-on pas d'apprécier par le pendule le temps pendant lequel le projectile agit, bien que cette action, qui s'exerce ici entre des corps pesants ayant des masses de grandeurs finies et comparables entre elles, ait sans doute une durée très-grande relativement à la durée de l'action que les fluides électriques exercent directement entre eux ou directement sur la matière pondérable.

» Ce que l'on détermine au moyen du pendule balistique, c'est la vitesse de translation du projectile lorsqu'on connaît sa masse et lorsqu'on connaît en même temps les conditions du pendule et l'amplitude de la déviation qu'il a éprouvée sous l'influence du choc : il y a là quatre quantités liées entre elles par des relations simples qui se déduisent des lois de la mécanique; et trois de ces quantités étant connues, la quatrième peut être déterminée avec plus ou moins d'exactitude.

» L'analogie que l'on peut établir entre le pendule balistique et l'aiguille aimantée est assurément très-imparfaite, puisque les forces qui agissent dans les deux cas sont d'une nature tout à fait différente: cependant elle n'est pas sans utilité pour faire comprendre le parti que l'on peut tirer de l'aiguille magnétique pour une foule de recherches auxquelles, jusqu'à présent, elle n'avait pas été appliquée.

» On conçoit, en effet, que si une aiguille aimantée est en repos et qu'un courant électrique vienne agir vivement sur elle pendant un temps très-court, par exemple pendant un dixième, un centième ou un millième de seconde, il pourra résulter de cette impulsion unique et presque subite un mouvement de déviation lent et régulier, d'une amplitude déterminée et parfaitement appréciable. Ce mouvement de déviation sera, par sa cause, différent de celui du pendule balistique, mais il lui sera fort analogue par ses effets, car il se transformera comme celui-ci en oscillations plus ou moins rapides. Dans ce dernier cas, la déviation primitive dépend de l'établissement du pendule, c'est-à-dire de sa masse, de sa longueur, de son moment d'inertie, etc., puis de la vitesse et de la masse du projectile; et les oscillations qui en sont la suite et qui sont produites par l'action de la pesanteur dépendent elles-mêmes de cette première impulsion. Dans le cas de l'aiguille aimantée, la déviation primitive dépend aussi de l'établissement de l'aiguille, c'est-à-dire de sa masse pondérable, de sa longueur, de son moment d'inertie, de la quantité et de la distribution de son magnétisme libre; puis elle dépend aussi de l'intensité du courant électrique et du temps pendant lequel il a exercé son action; enfin, les oscillations qui en sont la suite et qui sont produites par la force magnétique terrestre dépendent-elles-mêmes de cette première impulsion. Ainsi, la masse et la vitesse du projectile sont ici remplacées par l'intensité du courant et par le temps pendant lequel il agit, si bien que la durée de son action peut se déduire de son intensité, pourvu que les conditions relatives à l'aiguille soient complétement connues.

» S'il arrive, par conséquent, qu'un courant électrique puisse agir d'une manière régulière et identique à elle-même pendant un instant très-court, tel, par exemple, qu'un millième ou dix millième de seconde, et s'il arrive en même temps qu'il puisse, par cette action si prompte, produire sur un système magnétique convenable une première impulsion, une déviation primitive assez lente et d'une ampli-

tude assez étendue, rien ne sera plus facile que de déterminer avec exactitude des intervalles de temps qui se comptent par millièmes ou par dix millièmes de seconde. Pour obtenir de telles mesures au moyen des aiguilles aimantées, tout se réduit donc à ces questions essentielles : Quelle est la limite de temps nécessaire à un courant pour traverser un circuit donné? Quelle est la limite d'amplitude des déviations qu'il peut produire sur le système magnétique le plus impressionnable?

» La première question a été examinée dans l'un des mémoires que j'ai présentés à l'Académie, en 1837, sur les lois de l'intensité des courants électriques; j'avais constaté alors qu'un circuit de plusieurs milliers de mètres de longueur était traversé par le courant dans un espace de temps qui ne s'élevait pas à 1/7000 de seconde, et que dans cet instant si rapide ce n'était pas seulement une partie de l'électricité qui se manifestait dans le circuit, mais que le courant passait intégralement avec toute son intensité. Je ne sache pas que, depuis cette époque, on ait poussé plus loin ce genre de recherches; j'admettrai donc ce résultat comme la limite de ce qui est démontré, mais non pas comme la limite de ce qui peut l'être. Je suis porté à croire, au contraire, que dans un temps plus court l'électricité peut traverser un circuit d'une étendue beaucoup plus considérable. Il serait intéressant de faire des expériences sur ce sujet avec des circuits de trois ou quatre cent mille mètres, comme ceux qui sont employés aux télégraphes électriques; en opérant sur de telles longueurs, on aurait de bien plus grandes facilités pour trouver la limite de vitesse avec laquelle se propage l'électricité, et aussi pour découvrir si cette limite dépend de la longueur absolue des circuits, ou de leur degré de conductibilité.

» La seconde question n'est pas résolue par la première : de ce que le courant passe intégralement dans 1/7000 de seconde, et de ce qu'il maintient en équilibre l'aiguille de la boussole d'intensité par son retour périodique à des intervalles aussi rapprochés, il n'en résulte aucunement qu'une seule de ces actions doive imprimer à l'aiguille une déviation sensible et observable. Il fallait donc isoler l'un de ces chocs pour en connaître l'effet : j'y suis parvenu de la manière suivante.

» Sur un plateau de verre de 84 centimètres de diamètre est collée une bande d'étain d'un millimètre de largeur, s'étendant comme un

rayon de la circonférence vers le centre; là, elle communique à une bande circulaire plus large qui entoure l'axe de rotation. Supposons que le plateau tourne à raison d'un tour par seconde et que les deux extrémités d'un circuit électrique s'appuient par des ressorts, l'une sur la bande centrale qu'il touche toujours, l'autre sur le verre du plateau près de sa circonférence; au moment où la bande d'un millimètre viendra passer sous ce dernier, il y aura communication électrique, et la durée du courant sera justement égale à la durée du passage de la bande, c'est-à-dire à 1/2250 de seconde si l'on touche près de la circonférence, à 1/1260 si l'on touche au milieu du rayon, etc.

Si le plateau fait deux tours, trois tours, quatre tours par seconde, on obtiendra ainsi des passages d'une durée deux, trois ou quatre fois moindre.

Or, en faisant l'expérience, j'ai trouvé qu'une pile ordinaire de Daniell à six éléments, ayant à traverser un circuit d'environ 40 mètres de fil de cuivre de 1 millimètre, donne un courant assez intense pour que l'action qu'il exerce pendant 1/5000 de seconde imprime une déviation de 12 degrés à l'aiguille d'un galvanomètre peu sensible; l'aiguille met environ dix secondes à parcourir cet arc, de telle sorte que l'action rapide des fluides électriques et magnétiques qui s'est exercée pendant 1/5000 de seconde se trouve par là transformée en un mouvement cinquante mille fois plus lent, lorsqu'il passe dans la matière pondérable de l'aiguille.

» Le galvanomètre de M. Melloni a une sensibilité qui est maintenant connue de tous les physiciens : elle est variable dans les divers appareils; cependant elle peut être prise pour terme de comparaison lorsqu'il ne s'agit que de donner une idée approximative des effets électriques. L'un de ces instruments donne 15 degrés de déviation lorsqu'on fait agir sur lui pendant 1/5000 de seconde le courant d'un seul élément de Daniell dont le circuit se compose d'environ 20 mètres de fil de cuivre de 1 millimètre : ainsi, avec cet instrument, l'on peut apprécier sans peine la dix-millième partie d'une seconde.

» On comprend qu'il y a ici à déterminer les lois suivant lesquelles l'amplitude de la déviation varie dans le même appareil, avec l'intensité du courant et la durée du contact : ces lois peuvent se déduire de diverses considérations théoriques; cependant il sera nécessaire de les vérifier par des expériences précises. En attendant, je me suis

borné à graduer empiriquement l'appareil qui m'a servi, c'est-à-dire à dresser une table des déviations qu'il éprouve sous l'influence d'un courant connu agissant pendant un temps déterminé. Cette graduation une fois faite, le galvanomètre devient, en quelque sorte, un pendule balistique qui donne le temps pendant lequel le même courant exerce son action.

» Parmi les applications que j'en ai pu faire jusqu'à présent, je citerai seulement celle qui est relative à la vitesse d'inflammation de la poudre. L'expérience se dispose de la manière suivante : les deux extrémités d'un circuit dans lequel se trouvent le galvanomètre et un élément de Daniell viennent s'adapter, l'une à la capsule mise en place sur sa cheminée, et l'autre au chien du fusil, toute la batterie étant bien isolée du canon ; une portion du fil passe devant le bout du canon à quelque distance, de manière à être coupée par la balle à l'instant où elle sort. Voilà tout l'appareil : lorsqu'on tire, le courant passe donc pendant tout le temps qui s'écoule depuis l'instant où le chien frappe la capsule jusqu'à l'instant où la balle coupe le fil : les déviations produites dans diverses expériences faites avec la même charge de poudre sont parfaitement concordantes; les observations se font avec la plus grande facilité; et avec la charge dont j'ai fait usage les valeurs extrêmes sont 1/140 et 1/150 de seconde, pour le temps qui s'écoule entre l'instant où la capsule est frappée et l'instant où la balle sort du canon.

» En variant les charges, en prenant des poudres de diverses qualités et des armes différentes, à canons ordinaires ou à canons rayés, on pourra aisément déterminer dans tous les cas le temps dont il s'agit.

» Pour appliquer le même principe à la recherche des vitesses d'un projectile en divers points de sa trajectoire, il suffit de disposer sur sa route un système de fils de soie, et plus loin un système de fils conducteurs, de telle sorte qu'en rompant le fil de soie, le projectile établisse la communication électrique, et qu'en rompant le fil conducteur il la supprime; la déviation observée donnera le temps du passage : seulement il faudra tenir compte du temps nécessaire au débandement du ressort qui doit établir la communication là où le fil de soie est coupé. Ce temps se détermine lui-même très-facilement, comme on peut déterminer aussi le temps du choc des corps élastiques; ce temps est très-court : dans les essais que j'ai faits, il a varié de 1/1500 à 1/2000 de seconde. »

Je ferai une seule réflexion sur la note de M. Pouillet : le silence qu'il garde par rapport à M. Wheatstone m'étonne et m'afflige profondément. Quoi! quand il rappelait ses travaux relatifs à la vitesse de l'électricité, ou quand il étudiait une application depuis longtemps annoncée par le savant professeur de King's-College, M. Pouillet ne s'est pas cru obligé au moins de le nommer!

En suivant toujours l'ordre chronologique, écoutons maintenant M. Bréguet. La note suivante a été lue à l'Académie des sciences le 20 janvier 1845, et imprimée dans les *Comptes rendus :*

« Le mémoire que M. Pouillet vient de lire à l'Académie sur l'emploi de l'électricité comme moyen de déterminer des temps extrêmement courts me fait sentir la nécessité de publier cette note qui se rapporte à un instrument dont le but était le même, et que j'ai construit il y a un an pour le gouvernement russe, conjointement avec M. de Konstantinoff, officier d'artillerie très-distingué.

» M. de Konstantinoff arrivait d'Angleterre. Quand il me vint voir, il avait déjà l'idée d'un instrument propre à mesurer la vitesse initiale des projectiles, ainsi que la vitesse dans différents point de la trajectoire. Ayant fait la connaissance de M. Wheatstone, si connu par ses ingénieux travaux, ils eurent ensemble plusieurs entretiens à ce sujet, et il vit chez ce même savant un appareil qui, au moyen de courants électriques interrompus et rétablis, permettait de mesurer le temps de l'inflammation de la poudre avec un grand degré d'exactitude. M. de Konstantinoff crut cependant, par une autre disposition, pouvoir obtenir encore plus de précision et mesurer des intervalles beaucoup plus courts. Il me consulta sur ce projet, et croyant possible la solution du problème qu'il me proposait, nous commençâmes à travailler ensemble au mois de mars 1843.

» Le problème était celui-ci : Disposer un instrument qui pût indiquer et conserver trente ou quarante observations successives, faites dans des espaces de temps très-rapprochés, d'un phènomène se passant plus ou moins loin de l'endroit où se trouve placé l'instrument d'observation. Il nous vint naturellement dans l'idée d'employer pour cet objet l'électricité.

» Il fallait de plus unir à cette partie physique la partie mécanique, qui pouvait devenir assez compliquée, mais qui cependant ne le fut pas autant que semblait le faire présumer la solution cherchée.

» Des raisons particulières m'ont empêché de faire connaître cette

machine; mais rien ne s'opposant plus maintenant à sa publicité, je vais tâcher d'en donner une idée aussi exacte qu'il m'est possible.....

» C'est en juin 1843 que nous commençâmes la construction de cette machine, qui ne fut terminée que le 29 mai 1844.

» Voici quelle en est la disposition. L'appareil est monté sur un bâti en fonte, et se compose de six parties distinctes : 1° D'un système de roues dentées mis en mouvement par une corde roulée autour d'un cylindre et à laquelle est suspendu le poids moteur ; 2° D'un cylindre ayant un mètre de circonférence et $0^m,36$ de longueur, divisé sur sa surface en mille parties, qui sont donc des millimètres. Pour diminuer son frottement sur ces tourillons, il est porté par un système de galets. Sur son axe est un pignon qui communique avec le rouage ci-dessus; à une extrémité un volant de quatre ailettes, et à l'autre un plateau de même diamètre que le cylindre; 3° D'un petit chemin métallique, parallèle à l'axe du cylindre; les deux règles qui forment ce chemin sont isolées l'une de l'autre par de l'ivoire; 4° d'un petit chariot monté sur trois roues de cuivre et roulant sur les deux règles ; il porte trois électro-aimants et deux styles indépendants l'un de l'autre, mais dépendants chacun d'un de ces électro-aimants. Le troisième électro-aimant est placé sous le chariot et sert à le retenir jusqu'au moment où l'on veut qu'il parte; 5° d'un échappement à ancre dont le bras en fer doux, oscillant entre deux électro-aimants, est appelé tantôt à droite, tantôt à gauche, suivant qu'un courant passe autour de l'aimant de droite ou de celui de gauche. Ce va-et-vient laisse chaque fois échapper une dent de la roue sur l'axe de laquelle est un petit treuil où est enroulé un fil de soie tenant au chariot qui est tiré par un poids. Le passage du courant d'un aimant à l'autre se fait à chaque demi-tour du cylindre au moyen d'un commutateur placé sur son axe; de cette manière le chariot avance d'une quantité constante à chaque demi-tour, et sa vitesse d'avancement est proportionnelle à celle du cylindre; 6° enfin d'une disposition particulière pour s'assurer du mouvement uniforme, indépendamment de tout appareil chronométique, et qui donne le moyen de déterminer les limites de l'erreur dans le résultat final.....

» Nous avons construit plusieurs petits mécanismes semblables l'un à l'autre, mais séparés les uns des autres et renfermés chacun dans une petite boîte numérotée ; ils serviront à établir le circuit pour une cible, quand celle d'avant aura été percée. Ces boîtes contiennent une roue

d'ivoire avec des dents à rochets, et portant une dent métallique; sur son axe est une palette en fer avec cliquet entrant dans les dents de la roue. Un autre cliquet, indépendant du premier, ou cliquet de retenue, rétablira le circuit voltaïque lorsque la dent métallique viendra le toucher.

» Devant la palette est un électro-aimant qui l'attire lorsque le courant circule autour de lui, et la laissera repartir quand un fil sera coupé dans une cible. C'est dans ce mouvement que la roue d'ivoire avance et approche la dent métallique du cliquet de retenue.

» Une série de distances, à partir de la charge, étant déterminée, un conducteur passera devant le boulet, un autre devant la bouche du canon, et pour les autres points on placera des cibles dont la surface augmentera avec la distance.

» Les cibles sont de grands cadres dont le fil conducteur de l'électricité parcourt la surface en tous sens, de manière à présenter l'aspect d'un filet dont les mailles sont plus petites que le diamètre du projectile, afin d'être certain que le fil soit coupé en quelque endroit que la cible soit percée. Le courant circulant dans une cible, passant en même temps autour de l'électro-aimant d'un des styles, maintient par l'aimantation celui-ci éloigné du cylindre, d'où l'on voit que, au moment où la cible sera percée, le courant sera interrompu et le style tombera en faisant une marque sur le cylindre. Le projectile, poursuivant sa route, percera une autre cible qui, communiquant avec le second style, le fera tomber sur le cylindre, où il fera aussi une marque, et c'est à l'aide de la distance entre ces deux marques et de la vitesse connue du cylindre que l'on calculera la vitesse du projectile quand il passait d'une cible à la suivante.

» On pourrait avoir un courant et un style pour chaque cible; mais il sera plus simple de ne faire usage que de deux courants, quel que soit le nombre des cibles, et pour cela on fera usage des petites boîtes citées plus plus haut, de la manière suivante :

» On placera chaque boîte entre deux cibles à partir de la seconde, et par leur moyen aussitôt que la seconde cible sera percée, le courant se rétablira pour la troisième, et le premier style se relèvera; la troisième cible percée, le second style se relèvera, le premier retombera et le courant parcourra la quatrième cible. Cette opération se répétera ainsi jusqu'à la dernière.

» Les deux styles ayant chacun leur courant propre et étant par

conséquent indépendants l'un de l'autre, on pourra mesurer des espaces infiniment petits, ce qu'il ne serait pas possible de faire avec un seul style et un seul courant, qui serait interrompu, puis rétabli.

» Nous avons vu que le cylindre est divisé en mille parties, sa circonférence étant de 1 mètre. Chaque millimètre représente 1/1000 de seconde lorsqu'il fait un tour en une seconde, 1/2000 quand il en fait deux, 1/3000 quand il en fait trois.

» Contre sa circonférence et contre celle du plateau, qui est isolé, frottent des ressorts; sur chacune de ces circonférences est un arc en ivoire, afin de produire une interruption aux courants électriques que l'on fait passer par les électro-aimants des styles. Cette disposition est destinée à la vérification de l'uniformité du mouvement et de la mesure du temps que les styles mettent à tomber sur le cylindre, quantité nécessaire à connaître exactement, ou au moins avec les limites d'erreur entre lesquelles elle oscille, afin de faire les corrections nécessaires quand on mesure le nombre de divisions entre deux marques voisines des styles, nombre qui doit donner la vitesse de l'espace parcouru par le projectile.

» On voit donc qu'à chaque tour, ou chaque fois que la portion d'ivoire arrive sous le ressort, le courant est interrompu, le style tombe, puis se relève à la fin de l'arc isolant, pour retomber au tour suivant.

» Maintenant, si l'on observe avec soin la division du cylindre sur laquelle le style tombe, le cylindre étant en repos, et ensuite le point où il tombe lorsque le cylindre est en mouvement, sa vitesse de rotation en une seconde de temps étant connue, on aura facilement la mesure du temps que le style a mis à tomber pendant l'arc ci-dessus mesuré. C'est ainsi que le cylindre faisant deux tours et demi par seconde, l'arc mesuré est de 30 millimètres; et l'on a $30/250 = 0^s,012$ pour le temps que le style a mis à tomber sur le cylindre. On a répété mille fois ces épreuves.

» Pour observer si le mouvement est uniforme on fait tourner le cylindre, et quand on le suppose bien égal on établit les circuits. Voici alors ce qui se passe :

» Le chariot qui porte les électro-aimants et les styles se met en mouvement, et à chaque tour les styles font leurs marques sur le cylindre, mais en des endroits différents, dans le sens horizontal.

» Quand on est arrivé au bout du cylindre et qu'on examine les indications, on doit, si le mouvement est uniforme, trouver toutes les marques sur une même directrice; s'il est accéléré ou retardé, sous la forme d'une ligne héliçoïde, ou sinueuse s'il est inégal. On a par là un véritable appareil chronométrique qui se vérifie de lui-même.

» Nous avons observé le mouvement sur des vitesses de deux tours et demi et trois tours par seconde, et en faisant tomber le style, nous avons trouvé toutes les marques sur une même directrice; quelquefois il y avait des différences de 1 millimètre, ce qui indiquait à cet instant une variation de mouvement de $1/2500 = 0^s,0004$.

» Pour apprécier le moment où la vitesse devenait uniforme, nous observions les tours de l'axe immédiatement avant le cylindre, avec un compteur; mais pour éviter cette opération plus ou moins fastidieuse, j'eus l'idée de mettre un commutateur sur l'axe et de disposer un compteur dont l'aiguille fait des points sur un cadran, avec un système d'électro-aimants.

» A chaque tour de l'axe, le commutateur rétablissait un circuit électrique qui, circulant autour des électro-aimants, produisait une vive attraction, et l'extrémité d'un levier pressait sur le bouton du compteur; les points faits ainsi sur le cadran étaient marqués avec une grande régularité.

» Ce dernier instrument pourra, à ce qu'il nous semble, être employé avec avantage dans les usines; car au moyen de conducteurs partant de son cabinet, et communiquant, soit au volant, soit au cylindre d'une machine à vapeur, le directeur pourra à chaque instant de la journée et sans se déranger connaître la vitesse de l'un ou de l'autre. Pour plus de commodité, on pourra remplacer la pile par des courants électro-magnétiques. Cet instrument pourrait encore servir utilement dans les observations que l'on peut faire sur la vitesse des roues hydrauliques, suivant la nature des opérations que l'on fait exécuter aux outils qu'elles conduisent. »

Entendons enfin la réclamation de M. Wheatstone, 26 mai 1845.

« Je vois dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* que, dans la séance du 20 janvier, il a été lu une communication de M. Bréguet, dans laquelle il attribue à M. le capitaine de Konstantinoff et à lui-même l'invention du chronoscope électro-magnétique, instrument que j'avais moi même inventé et confectionné plusieurs

années auparavant, dans le but de mesurer les mouvements rapides et surtout la vitesse des projectiles.

» Ce fut au commencement de 1840 que j'inventai cet instrument. Mon chronoscope se composait alors d'un mouvement d'horlogerie faisant agir une aiguille indicatrice qui marchait ou s'arrêtait suivant qu'un électro-aimant agissait sur une pièce de fer doux, l'attirant lorsqn'un courant attirait l'hélice de l'aimant, et l'abandonnant à lui-même lorsque le courant venait à cesser, comme dans mon télégraphe électro-magnétique, dont cette invention peut être considérée comme une dérivation. La durée du courant était ainsi mesurée par l'étendue du cercle parcouru par l'aiguille du chronoscope.

» Une relation était établie entre la durée du courant et celle du mouvement du projectile par les moyens suivants : un anneau en bois embrassait l'embouchure d'un canon chargé, et un fil métallique tendu reliait deux côtés opposés de cet anneau isolant, passant ainsi devant la bouche du canon. A une distance convenable était établi un but, disposé de telle façon que le moindre mouvement qu'on lui imprimait établissait un contact permanent entre un petit ressort en métal et une autre pièce aussi de métal. Une des extrémités du fil métallique de l'électro-aimant était attachée à un des pôles d'une petite batterie voltaïque : à l'autre extrémité de l'électro-aimant étaient attachés deux fils métalliques, dont un communiquait avec le petit ressort du but, et l'autre à l'une des extrémités du fil métallique tendu devant la bouche du canon : de l'autre extrémité de la batterie voltaïque partaient aussi deux fils métalliques, dont l'un aboutissait à la pièce métallique fixée sur le but, et l'autre à l'extrémité opposée du fil métallique passant devant l'embouchure du canon. Ainsi, antérieurement à l'explosion du canon, il se trouvait établi, entre le canon et le but, un circuit conducteur non interrompu, dont le fil métallique en travers de la bouche du canon faisait partie. Une fois le but frappé par le boulet, le second circuit était complété; mais durant le passage du projectile à travers l'air, et pendant ce temps seulement, les deux circuits étaient interrompus, et la durée de cette interruption était indiquée par le chronoscope.

» J'avais déjà démontré par mon télégraphe électro-magnétique que, lorsqu'ils sont convenablement disposés, les aimants peuvent être amenés à agir avec une batterie très-faible, quand bien même les fils métalliques décriraient un circuit de plusieurs milles. Par conséquent

le canon, le but, et le chronoscope peuvent être placés à des distances quelconques demandées les uns des autres. En raison de la grande rapidité avec laquelle l'électricité se propage, comme l'ont prouvé mes expériences publiées dans les *Philosophical Transactions* de 1834, aucune erreur sensible ne peut résulter de sa transmission successive.

» Pendant une visite que je fis à Bruxelles, au mois de septembre 1840, je décrivis cet appareil à mon ami M. Quételet, qui en donna connaissance, le 7 octobre, à l'Académie des sciences de cette ville, communication mentionnée dans le bulletin de cette séance.

» Dans une visite que je fis postérieurement à Paris, mai 1841, j'expliquai cet appareil et j'en montrai les dessins à plusieurs membres de l'Académie des sciences de Paris qui vinrent me voir au Collége de France, où, grâce à l'obligeance de M. Regnaud, j'eus occasion de répéter devant eux plusieurs de mes expériences électro-magnétiques. Parmi les personnes présentes était M. Pouillet, qui me demanda l'autorisation de faire copier mes dessins; ce à quoi je consentis volontiers: j'appris de lui en décembre dernier, que ces dessins étaient encore en sa possession!

» A mon retour en Angleterre, mon ami le capitaine Chapman, de l'artillerie royale, convaincu de l'utilité de cet instrument, était très-désireux qu'il fût introduit dans la pratique de l'artillerie à Woolwich et se donna beaucoup de peine pour y parvenir. Nous eûmes une entrevue à ce sujet avec feu lord Vivian, alors maître général de l'ordnance, et, le 17 juillet 1841, j'expliquai à l'Institut de l'artillerie royale la construction de l'instrument et ses diverses applications. Vingt-deux officiers assistèrent à cette séance, dans le compte rendu de laquelle, compte rendu dont je possède une copie, il est dit que mon chronoscope « indiquait 1/7300 de seconde, » et que mon objet était de « montrer son application aux usages pratiques de l'artillerie, » c'est-à-dire de déterminer le temps employé par un projectile à franchir les différentes sections de son parcours, ainsi que sa vitesse initiale. Dans la même séance, je montrai un « chronoscope destiné à mesurer la vitesse des éclairs, tels que ceux produits par l'ignition de la poudre. » Cet instrument, le seul que M. Bréguet m'attribue, n'avait cependant rien de commun avec les courants électriques, comme il le suppose; c'était simplement une série de roues portant sur des axes trois légers disques en papier, d'environ un pouce de

diamètre chacun. Les temps de leurs révolutions respectives étant comme 1, 10 et 100, le disque dont le mouvement était le plus rapide faisait 200 révolutions par seconde; sur chaque disque était tracé un rayon : lorsqu'ils étaient éclairés par une étincelle électrique, tous ces rayons paraissaient en repos, en raison de la durée excessivement petite de cette espèce de lumière, comme il est expliqué dans mon mémoire : *De la vitesse de l'électricité et de la durée de la lumière électrique*, publié dans les *Philosophical Transactions* de 1834; mais lorsqu'ils étaient illuminés par un éclair d'une durée de la deux-centième partie d'une seconde, le troisième disque paraissait uniformément teinté, pendant que le second disque montrait un secteur ombré de 36 degrés : quand l'éclair ne durait que la deux-millième partie d'une seconde, un secteur semblable paraissait sur le troisième disque.

» Pour plusieurs raisons, les expériences avec mon chronoscope électro-magnétique ne furent pas poursuivies à Woolwich. En 1842, je fis la connaissance de M. de Konstantinoff, capitaine dans l'artillerie de la garde impériale de Sa Majesté l'empereur de Russie, et attaché à l'état-major du général de Winspaer; il prit beaucoup d'intérêt à cette affaire, exprima un vif désir d'avoir un appareil complet, afin d'entreprendre lui-même, à son retour en Russie, une série d'expériences telles que celles que j'avais en vue. Comme je n'avais pas moi-même le temps de poursuivre ces expériences, et comme personne en Angleterre, plus habile ou mieux placé pour cela, ne montrait le désir de les poursuivre, je cédai volontiers à sa demande, dans l'espoir que quelques résultats importants pour la science pourraient être obtenus. La seule condition que je mis à mon consentement était que M. de Konstantinoff ne publierait aucune description de l'appareil, jusqu'au moment où moi-même je l'aurais faite. L'instrument que je fournis à M. de Konstantinoff, et qui lui fut adressé à Paris en janvier 1843, était autrement construit que celui précédemment décrit, quoique essentiellement le même en principe.

» J'avais trouvé par expérience que lorsqu'une pièce de fer doux avait été attirée par un électro-aimant, et que le courant venait ensuite à cesser, bien que le fer parût retomber immédiatement, son contact était maintenu pendant un temps qui, plusieurs fois, équivalait à une fraction considérable de seconde. La durée de cette adhérence augmentait avec l'énergie du courant voltaïque et avec la faiblesse du ressort

à réactions. Pour la réduire à un minimum, il était nécessaire d'employer un courant très-faible et d'augmenter la résistance du circuit jusqu'à ce que la force d'attraction de l'aimant fût réduite au point de ne surpasser que d'une faible quantité la force de réaction du ressort ; mais alors l'aimant n'avait plus la force suffisante pour attirer le fer lorsque le projectile frappait le but. Cependant je surmontai cette difficulté de la manière suivante : j'arrangeai les fils métalliques du circuit de telle sorte, qu'avant que le boulet ne fût lancé par le canon, le courant d'un seul élément de très-petites dimensions et réduit au degré convenable au moyen d'un rhéostat aussi interposé dans le circuit, agissait sur l'électro-aimant : lorsque le boulet arrivait au but, six éléments, sans la résistance du rhéostat, agissaient simultanément sur l'aimant. Mais, même avec ces précautions, qui sont efficaces jusqu'à un certain degré, il y a encore du temps de perdu durant l'attraction du fer par l'aimant, aussi bien que pendant son adhérence après que le courant a cessé : la différence de ces deux erreurs rendrait les approximations de 1/500 ou de 1/1000 de seconde tout à fait incertaines. Toutefois l'erreur provenant de cette source peut se réduire facilement à moins de 1/60 ou de 1/100 de seconde, et dans mon opinion, un chronoscope qui divise la seconde en 60 parties et qu'on peut prouver ne donner jamais lieu à une erreur dépassant une seule de ces divisions, est préférable à un instrument offrant des divisions plus avancées et qui donnerait lieu à des erreurs embrassant bon nombre de ces divisions. Guidé par ces expériences, je fus en mesure de construire un chronoscope très-simple et très-efficace. Un échappement très-simple était mis en mouvement par un poids suspendu à l'extrémité d'un bout de fil enroulé dans une hélice creusée sur un cylindre fixé sur l'axe d'une roue à échappement. Sur cet axe était aussi adaptée une aiguille qui, conséquemment, avançait d'une division à chaque échappement. Quand il était nécessaire de prolonger le temps de l'expérience, la roue à échappement et le cylindre étaient établis sur des axes différents, et leur engrenage s'opérait au moyen d'une roue et d'un pignon ; dans ce cas, deux aiguilles étaient employées. Au moyen de cette construction, on évite l'accélération du mouvement qui aurait eu lieu s'il n'y avait pas eu d'échappement, et l'index franchit chaque division dans un même temps. Le poids était disposé de manière à pouvoir se régler, et la valeur d'une seule division était obtenue en divisant le temps de la chute entière par le

nombre des divisions franchies dans cet intervalle. Mais des méthodes encore plus exactes peuvent être employées.

» Au moyen de cet instrument, j'ai mesuré le temps mis par une balle de pistolet à parcourir différentes portées, avec des charges différentes de poudre. La répétition de ces expériences donna lieu à des résultats passablement constants, présentant rarement une différence de plus d'une division du chronoscope. Ces expériences, dans lesquelles je fus assisté par sir James South et M. Purday, célèbre armurier, eurent lieu, en octobre 1842, dans les terrains attenant à l'observatoire de Camden-Hill. Je mesurai aussi la chute d'une balle, de différentes hauteurs, et la loi des vitesses accélérées fut obtenue avec une rigueur mathématique. Avec l'appareil dont je me servis pour cette dernière expérience, je pouvais mesurer la chute d'une balle de la hauteur d'un pouce. Il serait difficile, sans le secours des dessins, de donner une idée des diverses dispositions que j'ai adoptées pour rendre l'instrument applicable à différentes séries d'expériences; mais je puis mentionner que, parmi d'autres applications, je me propose de l'employer pour mesurer la vitesse du son à travers l'air, l'eau, et à travers les massifs de rocs, avec une approximation qu'on n'a jamais obtenue jusqu'à présent.

» Indépendamment de l'instrument que je fournis à M. de Konstantinoff en avril 1843, le professeur Christie en fit déposer un au cabinet de physique de l'Académie militaire de Woolwich, et, vers le même temps, un autre fut fait par M. R. Adam, qui s'en est constamment servi depuis dans ses cours à l'*United service Museum* et ailleurs.

» Je mentionnerai une modification de l'appareil qui est importante pour certaines séries d'expériences : au lieu de rompre la continuité du circuit et de la reconstituer ensuite comme nous l'avons dit jusqu'ici, l'électro-aimant est maintenu en équilibre au moyen de deux courants égaux et opposés : en interrompant le premier circuit, l'équilibre est détruit, et en interrompant le second, le courant occasionné par la destruction de l'équilibre cesse. Le second circuit est rompu par une balle traversant un cadre sur lequel est tendu un fil métallique très-fin disposé en lignes parallèles et très-serrées, et formant partie du circuit. Cette disposition fournit les moyens d'employer un chronoscope totalement différent du premier. Deux pendules, dont l'un à demi-secondes et l'autre d'un mouvement un peu plus accéléré,

sont maintenus chacun aux extrémités de leurs arcs d'oscillation par un électro-aimant. Quand la balle s'échappe du fusil, l'un des pendules est libéré, et quand il rompt le fil métallique du cadre, l'autre pendule est aussi libéré. On compte alors le nombre d'oscillations d'un des pendules jusqu'à ce que le mouvement des deux pendules coïncide, et, d'après ce fait, on détermine aisément le temps qui sépare les commencements des premières oscillations des deux pendules.

» Les instruments que je construisis réellement n'avaient d'autre objet que d'indiquer le temps écoulé entre le mouvement initial et le mouvement final d'une balle parcourant la trajectoire. M. de Konstantinoff désirait un instrument mesurant les temps correspondants aux divisions successives de la trajectoire. Bien que je pensasse alors et que je sois encore de l'avis qu'il est préférable de les déterminer au moyen de décharges successives, j'imaginai un appareil à cet effet; mais je n'en entrepris pas la construction en raison de son prix plus élevé et de sa plus grande complexité; mais il fut l'objet de fréquentes conversations entre nous. C'était afin de réaliser ces idées que M. de Konstantinoff, après son départ d'Angleterre et pendant son séjour à Paris, s'adressa subséquemment à M. Bréguet, afin de profiter de l'habileté et de l'ingéniosité bien connues de cet ingénieur. Je suis parfaitement persuadé que M. de Konstantinoff n'eut jamais l'intention de s'attribuer cette invention, et que c'est entièrement sans son approbation et à son insu que M. Bréguet vient de le faire.

» Je joins ici un extrait d'un écrit que me donna M. de Konstantinoff avant de quitter Londres :

« M. Wheatstone ayant eu la complaisance de me faire confection-
» ner un appareil complet, de son invention, pour mesurer la chute
» des corps et les vitesses initiales des projectiles, je m'engage, etc... »

» Quant à l'instrument décrit par M. Bréguet, je le considère comme beaucoup moins exact, beaucoup plus compliqué et plus coûteux qu'aucun de ceux que j'ai précédemment inventés. Quand il est réduit uniquement à déterminer les mouvements initial et final d'une balle, l'instrument de M. Bréguet est muni de cinq électro-aimants, chacun avec son mécanisme, tandis que le mien atteint le même résultat avec un seul électro-aimant; et lorsque les différentes divisions d'une même trajectoire doivent être étudiées, M. Bréguet propose un aimant complémentaire et fait d'autres additions à chacune des partitions que doit traverser la balle. Si M. Bréguet avait été mieux

informé des moyens par lesquels je devais obtenir une suite de mesures successives correspondantes à une même trajectoire, il aurait trouvé que ce qu'il propose d'obtenir, même avec une douzaine d'électro-aimants, serait obtenu d'une manière plus efficace au moyen d'un seul. Voici quel était mon plan :

» Un cylindre exécute un mouvement de rotation autour d'une vis, de façon à avancer d'un quart de pouce par révolution : à une des extrémités du cylindre est adaptée une roue dentée d'un diamètre un peu plus grand que celui du cylindre, et qui s'engrène avec un pignon dont la longueur est égale à la portion totale d'axe que doit franchir le cylindre dans ses révolutions successives. Ce pignon communique avec des rouages mis en mouvement par un poids suspendu à l'extrémité d'un fil qui tourne autour d'un cylindre, et le rouage est muni d'un régulateur qui en égalise le mouvement ; un crayon adapté à l'extrémité d'un petit électro-aimant est amené en contact avec le cylindre et y trace une hélice qui est interrompue chaque fois que le courant cesse. J'empruntai l'idée de la partie chronoscopique de cet appareil d'un instrument destiné à mesurer de très-petits intervalles de temps, inventé par feu le docteur Young, et qui est décrit et dessiné dans son *Cours de philosophie naturelle*. On comprend aisément, d'après ce que j'ai rapporté, de quelle manière le commencement et la fin du mouvement d'un projectile sont indiqués par cet instrument. Les périodes intermédiaires sont enregistrées de la manière suivante : aux points voulus sur la ligne de passage du projectile, on établit des cadres fermés par des réseaux en fil métallique ; le projectile rompt les fils métalliques en traversant les cadres : on emploie autant de batteries voltaïques qu'il y a de paires de cadres dont les fils métalliques communiquent avec les pôles de ces batteries électriques, et avec le fil métallique de l'électro-aimant, de telle façon que le courant électrique traverse l'hélice en fil métallique de l'électro-aimant, ou cesse de la parcourir suivant que l'équilibre est alternativement détruit ou rétabli par la rupture successive des fils métalliques des cadres. Pour obtenir ce résultat, il est nécessaire que la résistance des différents fils métalliques soit convenablement proportionnée.

» Pour conclure, j'ajouterai que l'application de mon télégraphe électro-magnétique, en vue d'enregistrer à distance le nombre des révolutions d'une machine et de tous autres mouvements périodiques, a été exécutée par moi, sous des formes très-variées, depuis plusieurs

années. Un appareil pour cet objet, enregistrant jusqu'à dix milles, se voit dans le cabinet de physique de King's-College, depuis 1840, et fut montré à M. de Konstantinoff pendant son séjour à Londres. »

M. Bréguet se tint offensé de la note de M. Wheatstone; il vit avec beaucoup de peine que tous les reproches lui étaient adressés, et se plaignit qu'on l'attaquât vivement tandis que l'on gardait envers M. de Konstantinoff les plus grands ménagements. N'ayant pas obtenu satisfaction, il réclama en ces termes dans la séance de l'Académie du 9 juin 1845 :

« La réclamation de M. Wheatstone, insérée dans l'avant-dernier *Compte rendu*, a encore plus excité mon étonnement qu'elle ne m'a blessé. Il n'y avait vraiment ni motif ni prétexte pour m'attribuer un rôle quelconque dans une affaire à laquelle je dois rester complétement étranger.

» Que se passa-t-il en effet entre M. de Konstantinoff et moi? Je l'ai dit dans ma lettre à l'Académie. Cet officier russe, arrivant d'Angleterre, avait pensé à un instrument destiné à mesurer la vitesse des projectiles dans différents points de la trajectoire; M. de Konstantinoff m'apprit qu'il avait parlé de ce problème à M. Wheatstone, circonstance que je n'ai pas tenue cachée. Mon intervention dans la construction de la machine a consisté dans l'application des moyens physiques et mécaniques dépendants de l'art que je cultive, et sur lesquels M. Wheatstone n'avait certainement rien publié. Au surplus, toute discussion à cet égard serait aujourd'hui superflue, puisque le physicien anglais critique mes procédés et en propose d'autres qu'il croit être meilleurs. Je me permettrai de ne pas être de son avis : les expériences de Saint-Pétersbourg, dont j'attends les résultats, décideront beaucoup mieux que des critiques vagues ne pourraient le faire, si j'ai méconnu les difficultés du problème. Pour le moment, je me borne à une seule réflexion, elle mettra l'Académie en mesure de prononcer un jugement éclairé sur ce fâcheux incident.

» M. Wheatstone était à Paris en décembre 1844; un jour qu'il me fit l'honneur de venir dîner chez moi, je lui montrai en présence de M. Regnault, qui certainement se le rappellera, le dessin détaillé de la machine de M. de Konstantinoff; cette communication loyale ne fut de la part de M. Wheatstone l'objet d'aucune observation. »

Faut-il conclure de cette réplique que la priorité d'invention du

chronoscope appartient réellement à M. de Konstantinoff? Non, sans doute, et telle n'a pas été l'intention de M. Bréguet. Le savant artiste a voulu une seule chose, que l'accusation de plagiat ne pût pas l'atteindre. Et en effet, s'il faut trouver un coupable, le coupable ne peut être que M. de Konstantinoff. Il était permis à M. Bréguet d'ignorer ce que M. Wheatstone avait conçu en 1840, et ce qu'il avait exécuté à Londres dans les trois dernières années. M. de Konstantinoff, lui, savait tout; il devait désavouer la note de M. Bréguet, si elle était inexacte, et la responsabilité en retombe sur lui. J'accorde que M. Wheatstone a eu tort de ne pas s'en prendre principalement au capitaine russe; en admettant toutefois qu'il eût pu relever avec modération, dans le mémoire de M. Bréguet, certaines phrases dans lesquelles ses droits sont méconnus.

Quant à la circonstance du dîner, M. Wheatstone a naïvement répondu que les dessins lui furent en effet présentés, mais qu'ils étaient trop compliqués pour qu'il songeât même à s'en rendre compte et à les critiquer au moment de se mettre à table, ou en sortant de table; il ajourna donc son jugement, et il ne lui vint pas en pensée que son silence, si facile à expliquer, serait un jour interprété contre lui. Il ajouta que cette interprétation l'étonnait d'autant plus que dans un entretien qu'il eut avec M. Bréguet à l'hôtel Meurice, postérieurement au dîner dont il est ici question, il lui fit toutes les observations critiques renfermées dans la note présentée à l'Académie.

La note suivante est devenue une nouvelle phase de cette discussion.

« Un article du *Compte rendu*, tome XIX, p. 1384, me donne lieu à une réclamation que je vous prie de vouloir bien présenter à l'Académie. Cette réclamation a trait au moyen qu'a indiqué M. Pouillet pour connaître l'effet qu'exerce sur l'aiguille aimantée un courant galvanique de très-petite durée. Dans la séance de l'Académie impériale de Saint-Pétersbourg du 31 janvier 1838 (voir *Bulletin scientifique*, t. III, p. 333), M. le secrétaire perpétuel présenta à l'Académie une lettre que je lui avais adressée et dans laquelle j'avais décrit mes expériences, faites à Dorpat en 1836 ou 1837, pour connaître la limite de la vitesse avec laquelle l'électricité se développe dans les conducteurs. Le moyen dont je m'étais servi alors pour obtenir un courant dont la durée ne fût que de 1/9000 de seconde était le même, à quelques différences de construction près, que celui que

M. Pouillet a employé récemment. N'ayant pas eu alors à ma disposition un galvanomètre assez sensible, et ayant calculé qu'un courant faible et de petite durée pourrait bien traverser le fil conducteur sans que le mouvement imprimé à l'aiguille fût appréciable, je me suis contenté de l'apparition de l'étincelle pour constater l'existence du courant. Le résultat de mes expériences fut que la vitesse de l'électricité voltaïque n'est pas moindre de 1,260,000 pieds par seconde. Néanmoins, la limite de cette vitesse n'a pas encore été atteinte par mes expériences.

» Il y a environ deux ans que je me suis servi, pour des essais télégraphiques, d'un appareil de construction particulière, que j'appelle télégraphe acoustique à cause du son continu qui s'y produit par des courants interrompus jusqu'à cent cinquante et deux cents fois par seconde. Ce télégraphe transmettant le son à une distance de 25 kilomètres ou à travers un circuit d'à peu près 50 kilomètres (50 verstes), on peut conclure, conformément aux vues adoptées généralement, que la vitesse de l'électricité n'est pas moins de 7,500 ou 10,000 kilomètres par seconde, ou, si l'on veut, de 20,000 kilomètres, vu que le courant se forme et disparaît deux cents fois par seconde, comme je l'ai annoncé dans un discours public tenu au commencement de l'année dernière et imprimé dans le *Recueil des actes de l'Académie*. Ce dernier mode d'expérimentation pourra servir en même temps pour décider cette question. La limite de la vitesse dépend-elle de la longueur absolue du conducteur ou seulement de sa résistance?

» Pour éviter tout malentendu, j'ajoute que ma réclamation ne se rapporte aucunement à l'application que M. Pouillet propose de faire du galvanomètre, considéré comme pendule balistique, pour mesurer des intervalles de temps extrêmement courts, etc. Je ne puis m'empêcher de faire remarquer que cette proposition, quelque spirituelle qu'elle soit, ne pourra pas lutter avantageusement avec l'ingénieux appareil électro-balistique de notre savant officier d'artillerie, M. de Konstantinoff. »

En communiquant cette réclamation à l'Académie, M. Arago fit remarquer que la dernière phrase de la lettre de M. Jacobi confirmait parfaitement ce que M. Bréguet avait dit de ses rapports avec M. le capitaine de Konstantinoff. Toute discussion de priorité sur l'idée première de l'appareil destiné à mesurer la vitesse des projectiles ne

pourra donc plus, disait l'illustre secrétaire perpétuel, avoir lieu désormais qu'entre M. le capitaine russe et M. Wheatstone.

Arrivée à ce point, la question est, il me semble, facilement décidée; car d'abord ce passage de la communication faite par M. Quételet à l'Académie de Bruxelles, le 17 octobre 1840, quatre mois avant que M. de Konstantinoff parût sur l'horizon, « l'auteur, M. Wheatstone, compte aussi employer ses procédés pour mesurer avec une précision qu'il croit pouvoir porter à un centième de seconde, la vitesse des projectiles, » assure pleinement à M. de Wheatstone, quant à l'idée du moins, la priorité d'invention du chronoscope. En second lieu, les détails si circonstanciés dans lesquels est entré M. Wheatstone, la livraison même d'un appareil, prouvent jusqu'à l'évidence que l'initiative de la construction et des expériences appartiennent non moins certainement au professeur de King's-College. Une seule question reste indécise : des instruments imaginés et construits par MM. Wheatstone et de Konstantinoff, quel est le plus parfait? Nous n'avons obtenu jusqu'ici que la description du dernier de ces appareils construit par M. Bréguet; on la trouvera dans la partie descriptive de cet ouvrage. L'instrument de M. Wheatstone n'a encore figuré nulle part.

M. Siemens, dans un aperçu historique des nouveaux procédés servant à mesurer des espaces de temps fort courts, tels que ceux qui séparent les positions d'un projectile dans différents points de sa trajectoire, réclame, au nom d'une commission royale d'officiers d'artillerie prussiens, la priorité de la conception et de l'exécution de l'idée d'employer pour ces objets les effets électro-magnétiques d'un courant voltaïque. Il appuie ses assertions tant de documents qui sont dans la possession du ministre de la guerre que d'une publication suffisamment détaillée, faite dans les papiers publics de la capitale: des communications relatives à ce sujet ont d'ailleurs été faites dans le temps aux ministres résidents de la France et de la Russie à la cour de Berlin.

M. Siemens proposait en même temps, pour atteindre le même but, un nouveau mode d'application de l'électricité, dont voici en peu de mots le principe : « Quand une surface métallique polie est soumise à l'étincelle électrique, on trouve que chaque étincelle y laisse une trace extrêmement déliée, mais très-distincte, en forme d'une petite tache, dont la couleur et la nature varient d'après la nature des

métaux que l'on emploie; une plaque d'acier, par exemple, une lame de rasoir, conservant encore tout son premier poli, est ce qu'il y a de mieux pour s'assurer de ce phénomène. Maintenant, qu'on imagine un cylindre d'acier poli à pourtour divisé, tournant sur son axe avec une vitesse appropriée, et une pointe métallique établie à une distance fort courte vis-à-vis de ce cylindre, dont la marche sera d'ailleurs réglée à l'aide d'un pendule conique. La pointe et le cylindre font partie des circuits de deux batteries de Leyde qui se trouvent interrompus aux deux points de la course du projectile entre lesquels il s'agit de mesurer sa vitesse. Le projectile, en traversant la première station, complète le circuit de la première batterie, une étincelle jaillit entre la pointe et le cylindre, et y fait sa marque. Le cylindre continue de tourner, et le boulet en complétant le second circuit donne lieu à une seconde marque dont la distance à la première, évaluée en degrés de circonférence, sert, comme dans les autres appareils de ce genre, à déterminer le temps qui s'est écoulé entre les deux étincelles.

» Voici, au reste, le dispositif à l'aide duquel le boulet complète le circuit. Un certain nombre de fils métalliques régulièrement espacés entre eux et isolés l'un de l'autre sont tendus sur un cadre, et ces fils communiquent alternativement avec les deux extrémités du circuit de la batterie, de sorte que le premier, le troisième, le cinquième sont en rapport avec l'une d'elles, tandis que l'autre va rejoindre tous les fils de nombre pair. Le boulet, en traversant le cadre, est censé fermer le circuit en établissant une communication métallique entre deux fils quelconques. Les avantages du mode d'expérimentation proposé par M. Siemens sont clairs. En effet, dans tous les chronoscopes électriques actuellement en usage et dont le cylindre tournant de Thomas Young forme la base, les marques imprimées à la surface de ce cylindre sont toujours obtenues au moyen d'appareils mécaniques plus ou moins compliqués, plus ou moins sujets par conséquent à toutes sortes d'irrégularités et de vicissitudes. Dans tous ces chronoscopes, l'exactitude de la mesure obtenue dépend essentiellement de l'égalité parfaite des fractions de temps qui s'écoulent pendant que fonctionnent les appareils qui servent à établir les marques au commencement et à la fin de l'espace de temps qu'il s'agit d'évaluer, et il peut se faire que ces fractions soient tellement considérables par rapport à ce dernier, que le moindre excès de l'une sur

l'autre devienne la source des erreurs les plus sensibles. Dans l'horloge de la commission royale ci-dessus mentionnée, la chute consécutive des ancres de deux électro-aimants dégage d'abord et arrête ensuite au milieu de sa course une aiguille extrêmement légère qui, lorsqu'elle est abandonnée à elle-même, parcourt le cadran entier dans l'espace de deux secondes. Dans ce cas, l'action de dégager et celle d'arrêter l'aiguille requièrent des espaces de temps sensiblement différents, de sorte qu'il y a une erreur constante à déterminer, et des variations de cette erreur à craindre. Dans le chronoscope de M. Siemens, plus d'erreur constante à étudier, plus d'incertitudes de ce genre à redouter : c'est une constante de la nature, infiniment petite par rapport au temps que met le projectile à parcourir même une petite partie de sa trajectoire, c'est la vitesse de propagation immense du fluide électrique qui entre en ligne de compte, ce qui revient à dire qu'une telle constante se trouve ici complétement éliminée. De là la possibilité de rapprocher les deux stations, ce qui lève les difficultés qu'on pourrait voir dans le projet de M. Siemens dans l'isolation de longs circuits destinés à conduire les décharges de l'électricité de tension, et ce qui en outre peut être d'une grande utilité dans les recherches, soit théoriques, soit pratiques, qu'on se propose de faire à l'aide d'instruments de ce genre. En effet, M. Siemens ne doute pas qu'avec son chronoscope électrique on ne puisse réduire à quelques pieds la distance des deux stations de départ et d'arrivée, en sorte qu'il sera possible de les choisir dans l'intérieur même du canon qui lance le projectile. D'une part, cette manière rendra possible la solution de plusieurs problèmes intéressants et relatifs à la rapidité de combustion plus ou moins grande des poudres, etc. ; de l'autre, M. Siemens espère pouvoir répéter avec facilité les expériences de M. Wheatstone sur la vitesse de propagation de la décharge de la batterie électrique. M. Siemens a confié l'exécution de son appareil aux soins de M. Léonhard, habile horloger de cette ville, et membre de la Société qui a déjà construit le chronoscope électromagnétique de la commission ci-dessus mentionnée. M. Léonhard s'est engagé récemment, vis-à-vis de cette commission, à exécuter l'appareil de M. Siemens, de manière qu'on pourra évaluer avec son aide des cinq cent millièmes de seconde. »

On trouvera dans les *Proceedings* de la Société américaine de Philadelphie, vol. III, p. 165, une excellente note du professeur Joseph

Henry sur une méthode nouvelle de déterminer la vitesse des projectiles. Comme cette méthode ne diffère pas au fond de celles de MM. Wheatstone, Bréguet, Constantinoff, Siemens, Pouillet, et que la note ne contient pas la description des appareils imaginés par le savant américain, nous devons nous borner à cette simple mention honorable.

Mais c'est assez, trop peut-être, pour cette application, quelque riche d'avenir qu'elle soit. On est donc parvenu, en s'appuyant sur le principe de la télégraphie électrique, à mesurer la durée des mouvements qui se produisent dans un temps très-court, la vitesse, par exemple, à tous les points de leur parcours, des projectiles lancés par les bouches à feu les plus puissantes, etc., etc. Comprend-on bien ce que c'est que de mesurer la vitesse d'un boulet et d'une bombe, sans les arrêter brusquement dans leur course, en les laissant fuir dans l'espace avec cette effrayante rapidité qui écrase notre imagination ? Et n'est-il pas vrai qu'on s'efforcerait en vain d'apprécier la portée incalculable de procédés qui s'appliquent à la fois, et au projectile lancé dans l'espace par une explosion terrible, et au mercure qui monte sans bruit dans le tube d'un thermomètre ; au calcul de la vitesse avec laquelle la balle a brûlé l'espace, et à la mesure du temps qu'un corps a employé pour tomber de la hauteur d'un pouce, etc.

Nous voyons, par les comptes rendus de l'Académie des sciences, que M. Bain, dans la séance du 22 octobre 1845, a soumis au jugement de l'Institut un nouveau loch ou instrument destiné à mesurer d'une manière continue la vitesse des navires. C'était une nouvelle et très-importante application de la télégraphie électrique ; je regrette vivement de ne pouvoir en donner même une idée. J'ai tout mis en œuvre pour obtenir communication de ce mémoire, qui a certainement été déposé au secrétariat de l'Institut ; mes efforts ont été inutiles : renvoyé à la commission chargée d'en faire l'objet d'un rapport, il n'a plus reparu, et il est impossible de songer même à retrouver sa trace. Il est plus d'un académicien dont le cabinet de travail est un abîme sans fond : *Flumina intrant in mare et mare non redundat.*

Mais c'est assez : résumons en quelques mots cette histoire attachante de la télégraphie électrique et de ses applications. On peut considérer la découverte de cet art si merveilleux sous deux points de vue. 1° Dans les principes et les conquêtes de la science qui l'ont préparé, qui l'ont rendu possible, qui en sont comme l'âme ou l'esprit ;

alors apparaissent les grands noms de Volta, inventeur de l'électricité dynamique ; d'Œrsted, qui mit en évidence l'action des fils conducteurs du courant sur l'aiguille aimantée ; de Schweigger, qui imagina le multiplicateur ; d'Arago, qui constata les effets d'aimantation des courants ; de Ohm, qui révéla les rapports de la force électro-motrice avec les résistances de la pile et des conducteurs ; de Faraday, qui formula les lois de l'induction ; de Pixii, qui construit la première machine électro-dynamique ; de Wheatstone, enfin, qui sut tirer des lois de Ohm les conséquences fécondes qu'elles renfermaient. 2° Dans son application, dans sa pratique, et alors les noms qui brillent d'un plus grand éclat sont ceux de Sœmmerring, qui pressentit tout et réalisa tout, autant qu'on pouvait le faire avec les données de la science au temps où il expérimentait ; de Gauss et Weber, qui établirent la première correspondance de télégraphie électrique ; de Gauss surtout, qui, le premier, utilisa le pouvoir électro-moteur de la terre ; de Steinheil, ami et émule de Gauss, qui fit servir la machine électro-magnétique à la transmission des signaux, fixa les dépêches, les rendit sensibles à l'oreille et découvrit, c'est son plus beau titre de gloire, la faculté incroyable qu'a la terre de remplacer la moitié du fil conducteur ; de Wheatstone, qui créa de toutes pièces la télégraphie électrique pratique, et conçut le chronoscope, l'enregistreur des observations météorologiques, etc. ; de Cooke, le collaborateur ingénieux et infatigable de Wheatstone ; de Morse, le Wheatstone de l'Amérique ; de Brett, auteur du seul télégraphe imprimant les dépêches qui ne laisse rien à désirer ; de Bain, enfin, qui porta à une perfection idéale l'art magique des correspondances télégraphiques, et atteignit d'un seul bond les limites du possible.

Ce qui m'a frappé, et ce qui frappera tous les esprits qui ne s'arrêtent pas à la surface des choses, c'est cette action providentielle douce et forte, procédant toujours par poids, nombre et mesure, suivant l'expression des livres saints, et préparant peu à peu l'homme à la réalisation d'une invention sublime, d'une immense conquête sur la nature dont il est le roi. On voit d'abord poindre dans le lointain une idée ingénieuse, mais encore obscure, enfantine, bizarre même : c'est le crépuscule qui annonce que les ténèbres vont se dissiper. L'idée grandit, et sa lueur, encore quelque peu incertaine, ressemble aux lueurs de l'aurore, sans force et sans éclat. Le soleil, plus tard, apparaît enfin à l'horizon, et tous les yeux s'ouvrent à la

lumière. Puis d'un bond il s'élance au zénith; alors les yeux éblouis n'osent plus le contempler, ou sont tellement accoutumés à sa présence qu'ils s'étonnent qu'on veuille le leur faire admirer.

Quand, après de longues années de préparation et d'attente, le monde est ainsi arrivé à pressentir, à aspirer une grande découverte, un progrès régénérateur, cette découverte, ce progrès éclatent tout à coup sur plusieurs points séparés par de grandes distances, et sortent de toutes pièces de plusieurs esprits à la fois. Christophe Colomb et Améric-Vespuce cinglent presque ensemble vers le Nouveau-Monde; Torricelli et Pascal mesurent presque en même temps la pression atmosphérique; Newton et Leibnitz formulent ensemble le calcul infinitésimal; MM. Leverrier et Adams s'acharnent simultanément à faire briller au sein de leurs formules la planète Neptune; MM. Galle et Challis la cherchent presque au même moment dans les cieux, etc., etc.: et pour revenir au sujet qui nous occupe, à la télégraphie électrique, MM. Steinheil, Wheatstone et Morse, séparés par de vastes continents et l'immensité des mers, se jouent presque à la même heure de l'espace, donnent à la pensée humaine des ailes mystérieuses, et font du plus insaisissable des éléments le plus fidèle et le plus rapide des messagers.

# SECONDE SECTION.

## THÉORIE DE LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE OU DONNÉES THÉORIQUES QUI SERVENT DE POINT DE DÉPART A LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

La théorie du télégraphe électrique comprend trois grandes questions. 1° Il faut d'abord mesurer la vitesse de propagation du fluide électrique. Les faits de télégraphie que nous avons longuement énumérés prouvent surabondamment que cette vitesse dépasse l'imagination et ne laisse absolument rien à désirer; mais cette constatation matérielle ne suffit pas à satisfaire l'esprit, et l'on se demande naturellement s'il ne serait pas possible de substituer des mesures précises, des nombres exacts à une appréciation qui n'a en elle-même rien d'absolu.

2° Il faut en second lieu étudier les rapports qui dans la transmission des courants électriques lient la puissance à la résistance, la production à la propagation, pour arriver à déterminer avec certitude sous quelles conditions une pile ou un appareil électro-magnétique donnés réaliseront à distance les effets d'aimantation nécessaires à la production des signaux.

3° Il faut enfin essayer de mettre en évidence le rôle extraordinaire que joue la terre dans la transmission des courants électriques; s'assurer si elle fait réellement l'office de conducteur de l'électricité, ou si elle ne dispense de l'emploi d'un second fil qu'en agissant comme réservoir soutirant, comme un puisard, s'il est permis de recourir à une comparaison grossière.

### CHAPITRE PREMIER.

#### Vitesse de propagation de l'électricité.

Otto de Guéricke, Gray et Whoeler remarquèrent les premiers que l'électricité se propageait avec une très-grande vitesse. Tout le monde connaît les célèbres expériences de Le Monnier et de l'abbé Nollet, qui,

en présence de la cour de France, firent passer la décharge d'une bouteille de Leyde dans une chaîne formée de plus de six cents personnes : toutes reçurent la commotion au même instant indivisible.

Le 14 et le 17 juillet 1847, Watson, aidé de plusieurs savants anglais, s'assura que la décharge électrique parcourait sans peine un fil métallique disposé le long du pont de Westminster, et revenait à travers l'eau de la Tamise. Il constata le 14 août de la même année, à Shooters-Hill, qu'un circuit formé de deux milles de fil de fer et de deux milles de terre humide était franchi par l'électricité dans un temps inappréciable, insaisissable : les deux décharges avant et après le passage étaient comme simultanées. Mais cette expérience n'était guère concluante, car l'œil, par sa nature, comme nous le montrerons tout à l'heure, n'est pas apte à distinguer des apparences lumineuses qui se succèdent à des intervalles moindres qu'un huitième ou dixième de seconde ; et par conséquent avec un circuit long de quatre milles, on ne pourrait apprécier qu'une vitesse de propagation qui ne dépasserait pas quelques milles par seconde.

On ne savait rien de plus sur la vitesse de l'électricité, quand M. Wheatstone lut à la Société royale de Londres, en 1834, un mémoire dans lequel il décrivait de nouveaux procédés d'expérimentation, donnait pour la première fois des mesures approchées de la durée de l'étincelle électrique et de la vitesse de propagation de l'électricité, et fixait au moins des limites que cette durée et cette vitesse devaient certainement dépasser. Nous ne séparerons pas ces deux phénomènes, durée de l'étincelle et vitesse de propagation de l'électricité, quoique le second seul intéresse la télégraphie électrique ; et avant d'exposer les recherches de M. Wheatstone, nous emprunterons d'abord à M. Arago l'admirable exposé qu'il a donné dans l'Annuaire de 1828, et dans les comptes rendus de l'Académie des sciences, des principes sur lesquels ces recherches reposent.

*Sur la durée des éclairs, par M. Arago.* — « Cette question a plus d'importance qu'on ne l'imaginerait au premier coup d'œil ; sa solution toute récente repose sur des considérations assez délicates. Elles sont du reste empruntées en partie à un jeu d'enfant, je veux dire à cette expérience que chacun a faite et a vu faire, et qui consiste à produire un *ruban continu de lumière* par le mouvement rapide d'un petit charbon enflammé.

Supposons que le charbon décrive une circonférence de cercle et

qu'il emploie à faire le tour entier un dixième de seconde seulement. Alors, l'expérience l'a montré, on voit une circonférence de lumière, dans laquelle l'œil le plus attentif ne voit aucune lacune, aucune solution de continuité. On dirait que le charbon occupe simultanément tous les points de la courbe, et ces points cependant il les atteint dans sa marche l'un après l'autre; et il s'écoule un dixième de seconde entre le moment où il quitte l'un d'eux, et le moment où il y revient.

Une conséquence importante découle de cette expérience. Elle deviendra évidente si, pour un instant, on veut bien concentrer son attention sur un seul point : sur le point le plus élevé, par exemple, de la circonférence de cercle que le charbon parcourt.

Quand le charbon enflammé occupe ce point le plus élevé, les rayons de lumière qui en émanent forment son image dans l'œil de l'observateur sur une certaine partie de la rétine. Dès que le charbon tourne, cette image doit également tourner; et cela arrive en effet, puisque le charbon se voit toujours dans sa véritable position. La première image semblerait devoir s'évanouir en même temps, la cause qui l'engendrait ayant, sinon disparu, du moins changé de lieu : loin de là, le charbon a le temps de faire un tour entier, de revenir à sa première place, de reproduire dans l'œil l'image du point le plus élevé de la courbe, avant que la sensation résultant de son premier passage par le même point se soit effacée.

Les impressions que nous recevons par la vue ont donc une certaine durée. L'œil humain, du moins, est constitué de manière qu'*une sensation lumineuse ne s'évanouit qu'un dixième de seconde après la disparition complète de la cause qui l'a produite.*

Nous venons de reconnaître qu'un point rayonnant qui n'emploie qu'un dixième de seconde à faire un tour entier donne naissance, pour notre œil, à une circonférenee de cercle qui est lumineuse dans tout son contour. Il est évident que si deux, trois, dix, cent points rayonnants placés en ligne droite, les uns à la suite des autres, entre le premier point et le centre de *rotation*, tournent simultanément avec la même vitesse, ils donneront naissance à deux, à trois, à dix, à cent circonférences de cercle lumineuses et concentriques. Enfin, chacun comprendra que si ces divers points rayonnants mobiles sont continus, que s'ils se touchent, que s'ils sont assez nombreux pour former, dans l'état de repos, une ligne de lumière continue entre le

premier point et le centre de rotation, les circonférences qu'ils engendreront en tournant se toucheront aussi, et qu'aux deux, trois, dix, cent circonférences de cercle séparées de la précédente expérience, succédera une *surface circulaire entièrement éclairée*.

Il en est, comme on voit, de cette expérience comme de celle que nous faisions avec des points isolés. Une *ligne* lumineuse qui tourne autour d'une de ses extrémités engendre une surface de lumière *circulaire*, quand elle revient à chacune de ses positions successives avant que se soit effacée chacune des images qu'elle avait produites dans l'œil pendant une première révolution, c'est-à-dire quand la ligne décrit la circonférence entière en un *dixième* de seconde.

Au lieu d'une seule ligne lumineuse mobile, supposons maintenant qu'il y en ait quatre, toutes semblables quant à l'intensité, placées rectangulairement entre elles, ou de manière qu'elles partagent la circonférence en quatre parties égales. La vitesse de rotation de l'appareil n'aura plus besoin d'être d'un tour complet par *dixième* de seconde; une vitesse *quatre fois moindre*, une vitesse d'un tour par *quatre dixièmes de seconde* suffira à la production d'une surface circulaire qui semblera de même entièrement lumineuse.

Que faut-il, en effet, pour cette continuité d'éclat? Il faut qu'aucun point du cercle ne soit privé de *lumière réelle* pendant plus de 1/10 de seconde. Eh bien! arrêtons-nous par la pensée au moment où une des quatre lignes lumineuses est verticale. La ligne qui la suit deviendra verticale à son tour dans le quart du temps que consomme une révolution complète, dans le quart de 1/10 ou dans 1/10 de seconde. La troisième ligne rotative succédera de même à la seconde, dans la verticale, après 1/10 de seconde, etc., etc. Ainsi, lorsque dans l'œil, l'*image* verticale de la première ligne allait s'évanouir, la seconde des quatre lignes lumineuses rectangulaires de l'appareil rotatif vient la renouveler; lorsque l'image verticale de cette seconde ligne atteint le terme de sa durée, la troisième ligne en occupe la place : la quatrième ligne, à son tour, se trouve dans la verticale au moment où la troisième ligne allait s'effacer : la première ligne, enfin, va, à point nommé, reprendre la position où d'abord nous l'avions supposée, pour remplir de sa lumière la verticale que la disparition de l'image de la quatrième ligne aurait laissée obscure.

Je viens de montrer en détail, avec trop de détails peut-être, comment quatre lignes lumineuses, placées rectangulairement et décrivant

un cercle autour de leur point d'intersection en 4/10 de seconde, éclairent d'une lumière en apparence continue le rayon vertical de ce cercle. Tout le monde remarquera que les mêmes raisonnements se seraient appliqués à un rayon horizontal ou à un rayon incliné; le mode de production des surfaces lumineuses par la rotation de lignes simples est donc suffisamment expliqué.

En résumé :

Une ligne *lumineuse* engendre, en apparence, une surface circulaire de lumière, *quand elle tourne assez vite autour d'une de ses extrémités pour décrire la circonférence entière en un dixième de seconde de temps.*

Ceci est un point de fait, lié à la conformation, à la sensibilité de l'œil humain. Les choses sont ainsi, mais elles auraient pu être autrement. L'expérience seule devait faire connaître la vérité.

La vérité expérimentale une fois établie, un *dixième* de seconde étant, dans la rotation d'une ligne, la moindre vitesse indispensable à la production d'une aire circulaire de lumière continue, il en résulte nécessairement, mathématiquement, que les moindres vitesses de rotation avec lesquelles dix, cent, deux cents lignes également espacées entre elles produiront le même effet en tournant autour de leur commune intersection, seront dix, cent, deux cents fois moindres que dans le cas d'une ligne unique, c'est-à-dire qu'elles correspondront à une seconde, à dix ou à vingt secondes par tour entier.

Rien, dans tous nos raisonnements, n'implique que les lignes rotatives brillent d'une lumière propre. On doit donc s'attendre à observer des phénomènes identiques, soit qu'on fasse tourner des lignes lumineuses par elles-mêmes ou des lignes lumineuses par réflexion ; il faut seulement, dans ce dernier cas, que les lignes soient d'une telle nature, d'une telle forme, et tellement disposées relativement à la lumière éclairante, que l'œil puisse les apercevoir *également* dans toutes les positions qu'elles prennent en tournant. Tels seraient, par exemple, les *rais plats et non polis* d'une roue en argent mat ; les *rais plats et non polis* d'une roue de quelque nature qu'elle fût, couverts d'une couche de blanc de céruse, etc., les uns et les autres éclairés de face par un reverbère, par une lampe à double courant d'air, ou même par une simple bougie. Les rais n'étant pas polis, ne feraient pas l'office de miroirs dans aucune de leurs positions. On les verrait seulement par cette sorte de lumière que les corps éclairés s'assimilent

pour nous la restituer *dans tous les sens*, ou à l'état de lumière diffuse; le vermillon avec une teinte prononcée, le laiton avec une nuance jaune évidente, l'argent mat et le blanc de céruse avec une blancheur parfaite, etc. Un rais d'argent mat tournant autour de ses extrémités en un dixième de seconde, engendrera une surface circulaire blanche; quatre, dix, cent rais de la même matière également espacés produiront le même effet, s'ils tournent respectivement en quatre dixièmes de seconde, en *une* seconde, en dix secondes.

Tenons-nous un moment à ce dernier cas, à celui où cent rais minces de métal, formant entre eux des angles égaux, donnent naissance, pour l'œil, à une surface de lumière circulaire. Cet effet commence à se manifester quand la vitesse de rotation est d'un tour par dix secondes. Une vitesse moindre ne suffirait pas : mais toute vitesse plus grande, quelque grande qu'elle fût, conduirait mieux encore, s'il est possible, au même résultat.

Dans le nombre infini de vitesses plus grandes que celle qui est strictement nécessaire pour que les rais tournants paraissent être une surface continue, faisons un choix afin de fixer nos idées; supposons que nos cent rais fassent un tour entier en un dixième de seconde, ce qui est une vitesse très-facile à obtenir. Chaque rais emploiera alors le centième de cette quantité, ou 1/1000 de seconde pour aller d'une quelconque de ces positions à celle qu'occupe au même moment le rais précédent.

Retenons bien ce nombre, *un millième de seconde*, et introduisons dans notre expérience une dernière condition. Supposons que la lumière qui éclaire les cents rais de la route tournante, que la lumière sans la présence de laquelle ces rais ne se verraient pas, puisqu'ils ne sont point lumineux par eux-mêmes, ne brille pas d'une manière continue. Admettons que tournant toujours uniformément dans l'obscurité avec la vitesse convenue d'un tour à chaque dixième de seconde, la roue soit éclairée par une lumière qui ne se montre qu'un instant. Eh bien! c'est la longueur de cet instant, c'est la durée de l'apparition de la lumière éclatante, qui déterminera si la roue éclairée apparaîtra sous la forme d'une roue véritable ayant du centre à sa circonférence des pleins et des vides, des secteurs brillants et des secteurs obscurs, ou sous la forme d'une surface continue également lumineuse partout.

Mettons d'abord que la lumière ne frappe la roue tournante qu'un

instant *infiniment court.* Cette lumière ne saisira, n'éclairera les divers rais que *dans une seule de leurs positions.* Chaque rais, sur cette position unique et spéciale, produira dans l'œil une image dont nous avons expérimentalement fixé la durée à un *dixième de seconde.* La roue tournante sera donc aperçue pendant un dixième de seconde, sous sa véritable forme et comme si elle était immobile.

Passons à une autre supposition que j'appellerai extrême, cette expression sera bientôt justifiée. Admettons que la lumière éclairante *ait duré un millième* de seconde.

Un *millième* de seconde est, par hypothèse, le temps que chaque rais emploie à passer d'une de ses positions à celle qu'occupe *au même moment* le rais qui le précède. Dans ce court intervalle de temps, il n'y aura donc pas à l'intérieur de la roue tournante une seule *ligne idéale* allant du centre à la circonférence; il n'y aura pas *un seul rayon*, c'est le terme géométrique, qui, chacun à son tour, ne soit occupé par l'un ou par l'autre des rais matériels; il n'y aura pas une de ces mille et mille positions, où les rais ne reçoivent l'action de la lumière éclairante, où ils ne doivent aller former une image dans l'œil. Ces images, qu'on se le rappelle bien, durent un dixième de seconde, c'est-à-dire cent fois plus qu'il n'en faut pour que *tous les rayons géométriques* de la roue aient lancé une ligne lumineuse à l'observateur. Ainsi, dans un certain moment, toutes les lignes lumineuses en question se verront simultanément; ainsi, la roue, quoiqu'elle se compose de vide et de plein, paraîtra une surface continue, éclairée sur tous ses points.

Si maintenant on essayait d'appliquer les mêmes considérations au cas où la durée de la lumière serait moindre que le temps dont chaque rais a besoin pour se transporter, en tournant autour du centre de la roue, d'une de ses positions à celle qu'occupe au même moment le rais qui le précède, chacun verrait sans difficulté combien les résultats de l'expérience devraient être différents. Mettons, par exemple, que la durée de l'apparition de la lumière ne s'élève qu'à la moitié de la précédente, qu'elle ne soit que *d'un demi-millième* de seconde.

En *un* DEMI-*millième* de seconde, chaque rais matériel parcourt seulement la moitié de l'intervalle angulaire compris entre une de ses positions et la position simultanée du rais qui le précède. Quand la lumière se montre, chaque rais mobile est saisi, est éclairé dans une de ses positions; quand elle disparaît, chaque rais n'est encore par-

venu qu'à la moitié de la course qu'il avait à parcourir pour atteindre la position du rais précédent. A l'instant *mathématique* du surgissement de la lumière, tous les rais comprenaient entre eux certains secteurs. Eh bien ! il y a précisément *la moitié* de chacun de ces secteurs dans laquelle aucun rais n'a pénétré pendant la durée que nous venons d'assigner à l'apparition de la lumière. Tous ces espaces vides de matière n'ont pu réfléchir vers l'observateur aucun rayon de la lumière éclairante, conséquemment la roue a dû paraître composée de la réuhion d'une série de secteurs alternativement obscurs et lumineux.

Ceux qui n'ignoraient pas que la sensation engendrée dans l'œil par l'action d'une lumière quelconque dure encore un peu de temps après que la lumière a réellement disparu, devaient, ne fût-ce qu'à raison de cette circonstance, ne pas trop espérer une solution exacte de la question posée en tête de ce long chapitre ; et cependant, en définitive, l'obstacle apparent est devenu lui-même le moyen d'investigation, et nous sommes arrivé à opérer sur de simples *millièmes* de seconde, mieux qu'on ne pourrait vraiment le faire, par les moyens habituels, sur les secondes entières. Qu'on réfléchisse un moment aux détails de l'expérience, et mon assertion ne paraîtra pas exagérée.

Je veux savoir la durée de chacun des éclairs qui sillonnent le ciel pendant une nuit obscure. En face de la région où existe l'orage, j'établis une roue en métal portant cent rais déliés. Un mouvement d'horlogerie lui donne la vitesse continue et régulière de dix tours par seconde de temps, ou d'un tour entier par dixième de seconde. Je me place en observation entre la roue et les nuées orageuses, de manière cependant à ne pas empêcher la lumière des éclairs d'arriver librement à la roue tournante. Cette roue, je ne l'aperçois pas ordinairement, puisque, par hypothèse, tout est dans l'obscurité. Un éclair se montre : à cet instant la roue est éclairée, je dois donc la voir, et je la vois, en effet, mais dans des conditions différentes, suivant la durée de l'éclair. L'éclair n'a-t-il brillé que pendant un temps *infiniment court*, la roue se sera montrée, durant un dixième de seconde, comme *cent rais lumineux*, immobiles et de la largeur apparente des rais véritables.

L'éclair a-t-il duré un *millième* de seconde, la roue aura semblé *un cercle plein de lumière du centre à la circonférence.*

A des durées de l'éclair d'un *demi-millième de seconde*, *d'un tiers*, *d'un quart*, *d'un cinquième*, etc., *de millième* de se-

conde, correspondront des apparences circulaires où il y aura respectivement *un demi*, *deux tiers*, *trois quarts*, *quatre cinquièmes de la surface totale du cercle*, complétement privés de lumière.

En faisant la roue tournante de plus en plus grande, l'échelle superficielle des mesures deviendra tout aussi étendue, tout aussi appréciable qu'on le désirera. Ajoutons qu'en variant la vitesse de rotation, on peut même se soustraire à la nécessité d'*évaluer à l'œil* le rapport de la partie éclairée à la partie obscure, qu'on peut tout réduire à la détermination de la vitesse sous laquelle le cercle paraît entièrement éclairé. Une vitesse de la roue d'un dixième de seconde par tour ne donne-t-elle pas lieu à un cercle *continu* de lumière? On augmente graduellement cette vitesse, de manière enfin que le cercle continu apparaisse. Si cet effet ne commence à se réaliser qu'au moment où la vitesse de la roue est d'un tour par *un demi* ou par *un tiers de dixième de seconde*, ce sera la preuve que l'éclair n'aura eu qu'une durée d'une *demi* ou d'un *tiers de millième de seconde*, et ainsi de même pour tous les autres nombres qu'on pourrait trouver.

Parvenu au terme de cette longue et minutieuse explication, disons qu'après avoir multiplié autant que possible les rais de la roue, qu'après avoir eu recours aux plus grandes vitesses qu'on puisse déduire avec sûreté et uniformité de l'emploi des engrenages, la roue tournante présentée, dans des temps d'orage, aux éclairs de la première ou de la seconde classe, n'a jamais paru une surface continue; que ses rais se voyaient aussi nettement, aussi distinctement que si la roue était en repos; qu'ils ne paraissaient aucunement élargis. Nous resterons fort en deçà de la conséquence que cette expérience autorisait, en nous bornant à dire que les éclairs les plus brillants, les plus étendus de la première et de la seconde classe, même ceux qui paraissent développer leurs feux sur toute l'étendue de l'horizon visible, n'ont pas une durée égale *à la millième partie d'une seconde de temps!* »

Ce que l'on vient de constater pour la durée des éclairs s'étend évidemment à la durée de l'étincelle électrique; l'expérience, au reste, est absolument la même.

## *Comment on peut constater l'avance ou le retard de deux phénomènes lumineux*, par M. ARAGO.

« Faisons tomber un rayon lumineux sur un miroir plan poli, il se réfléchira en faisant avec la surface du miroir un angle de réflexion exactement égal à l'angle d'incidence. Imaginons maintenant que le miroir vienne à tourner de la quantité angulaire $a$ autour du point de la surface où la réflexion s'est opérée, si ce mouvement augmente de $a$ l'ancien angle d'incidence, il diminuera d'autant l'ancien angle de réflexion. Celui-ci, après le déplacement du miroir, sera donc plus petit que le premier de la quantité $2a$, et il faudra l'augmenter de $2a$ pour le rendre égal au nouvel angle d'incidence. Ainsi cet angle, augmenté de $2a$, donnera la direction du rayon réfléchi dans la seconde position du miroir ; ainsi le rayon incident restant le même, un mouvement angulaire $a$ du miroir occasionne un mouvement angulaire double dans le rayon réfléchi. On sait d'ailleurs que la réflexion sur un miroir plan n'altère jamais les positions relatives de deux rayons ; que si, avant de se réfléchir, ils étaient parallèles ou faisaient entre eux des angles de $1'$, $10'$, etc., ils seront parallèles encore après la réflexion ou feront entre eux les mêmes angles.

Admettons maintenant que deux rayons horizontaux, partis de deux points voisins situés dans la même verticale, viennent tomber sur deux points de la ligne médiane d'un miroir plan vertical ; et supposons que ce miroir tourne uniformément et d'une manière continue autour d'un axe vertical, dont le prolongement coïncide avec cette même ligne médiane. La direction suivant laquelle les deux rayons horizontaux se réfléchiront dépendra évidemment du moment où ils atteindront le miroir, puisque nous avons supposé qu'il tourne. Si les deux rayons sont partis simultanément des deux points rayonnants contigus, ils arriveront aussi simultanément au miroir ; leur réflexion s'opérera au même instant : conséquemment dans une même position de la surface tournante ; conséquemment comme si cette surface, quant à eux, était immobile ; leur parallélisme primitif ne s'en trouvera donc pas altéré.

Pour que les rayons qui, primitivement, étaient parallèles divergeassent après leur réflexion, il faudrait que l'un d'eux arrivât au miroir plus tôt que l'autre ; il faudrait que, dans son trajet du point

rayonnant à la surface réfléchissante, la marche de ce rayon fût accélérée, ou bien, car le résultat serait précisément le même, il faudrait, la vitesse du premier rayon restant constante, que celle du second éprouvât une diminution; il faudrait, en un mot, que les deux rayons se réfléchissent l'un après l'autre, et dès lors sur deux positions distinctes du miroir formant entre elles un angle sensible.

Au lieu de deux seuls points rayonnants isolés, concevons qu'on présente instantanément au miroir une ligne lumineuse verticale, et que l'une des parties de cette ligne, la partie supérieure, par exemple, brille plus tôt ou plus tard que la partie inférieure. Sur le miroir tournant, l'image de la ligne unique paraîtra brisée; elle se composera de deux lignes lumineuses verticales, de deux lignes qui ne seront pas le prolongement l'une de l'autre. L'image supérieure est-elle moins avancée que celle d'en bas, paraît-elle à gauche, c'est que la lumière de la partie supérieure de la ligne primitive est en avance; elle sera en retard, si l'image supérieure se montre à droite. »

## *Durée de l'étincelle électrique et vitesse de l'électricité,* par M. WHEATSTONE.

DURÉE DE L'ÉTINCELLE ÉLECTRIQUE. — Le passage rapide d'un point lumineux par lui-même ou par réflexion semble former une ligne continue à cause de la durée de l'impression produite sur la rétine, et cette ligne continue ne présente par elle-même aucun caractère qui permette d'apprécier la direction et la vitesse du mouvement qui lui donne naissance. M. Wheatstone a eu l'heureuse idée d'arriver à connaître cette direction et cette vitesse en faisant intervenir un autre mouvement de direction et de vitesse connues. Il appliqua d'abord cette méthode nouvelle et ingénieuse à la détermination de la direction et de la vitesse de l'étincelle électrique : elle fut exposée pour la première fois en juin 1830 par l'illustre Faraday, dans une de ses savantes leçons, à l'institution royale.

La figure 1, planche II, représente l'appareil employé; il était vissé en A au pivot d'une machine à rotation, de manière à pouvoir prendre un mouvement de révolution rapide. Les parties supérieures et inférieures, toutes formées de laiton, excepté le disque en bois BC, étaient isolées les unes des autres par une forte colonne en verre DE. Un morceau de feuille d'étain réunissait la boule H avec A, et la boule

supérieure G pouvait s'ajuster à diverses distances de l'inférieure H. Lorsque la boule F était placée à une petite distance du conducteur d'une machine électrique, une étincelle franchissait l'intervalle et passait ainsi entre les boules G et H, qu'on pouvait éloigner de quatre pouces l'une de l'autre. Il est évident que si le mouvement angulaire des boules avait un rapport quelconque appréciable avec la vitesse de propagation de l'électricité, il devait y avoir une déviation entre les extrémités supérieures et inférieures de la ligne. L'instrument se mouvant de gauche à droite, et l'étincelle allant de haut en bas, la déviation de la ligne devait être celle de la figure 2, planche II, et l'étincelle allant de bas en haut, celle de la figure 3.

Lorsqu'on fit tourner rapidement l'appareil, les étincelles passèrent exactement comme s'il eût été en repos, et on n'observa aucune déviation de l'une quelconque des deux étincelles dans le sens vertical. L'appareil faisait cinquante tours par seconde; et comme on aurait pu facilement apprécier une différence égale à 1/20 de la circonférence décrite par les boules, si elle eût existé, on peut en conclure avec certitude que l'étincelle passait à travers l'air et les conducteurs métalliques en moins de 1/1000 de seconde.

N'ayant pas réussi à observer une déviation de l'étincelle par le moyen précédent, M. Wheatstone recourut au mouvement de l'image de l'étincelle électrique réfléchie sur un miroir plan.

La figure 4, planche II, représente la meilleure forme à donner au miroir mouvant. Il tourne autour d'un axe vertical et prend successivement toutes les positions azimutales. En plaçant devant lui, à une distance quelconque, un point lumineux tel que la flamme d'une chandelle, les positions successives de l'image réfléchie décriront un cercle dont le rayon sera égal à la plus courte distance entre le point lumineux et l'axe de rotation. L'image, ayant une vitesse angulaire double de celle du miroir, se mouvra d'un cercle entier pendant une demi-révolution de celui-ci; et si le dos du miroir est aussi une surface réfléchissante, l'image décrira deux cercles entiers pendant une révolution du miroir.

Si la rapidité du mouvement dépasse une certaine limite, les impressions faites sur la rétine par les images successives se conserveront, et l'œil placé d'une manière convenable verra une ligne lumineuse parfaitement continue, qui sera un arc du cercle décrit d'autant plus étendu que l'œil sera plus rapproché du miroir.

Si maintenant, tandis que le miroir est en mouvement, on déplace le point lumineux parallèlement à l'axe de rotation, la composition des deux mouvements de l'image, provenant l'un du mouvement de l'objet, l'autre de celui du miroir, donnera naissance à une résultante diagonale ; et si on connaît le nombre de tours faits par le miroir dans un temps donné, on pourra en déduire la direction et la vitesse du mouvement du point lumineux.

En vissant l'axe du miroir sur une machine à engrenage, M. Wheatstone parvint à lui faire faire cinquante tours par seconde : l'image réfléchie d'un point lumineux parcourait par conséquent un demi-degré dans 1/7200 de seconde, puisque la vitesse angulaire de l'image est, comme nous l'avons remarqué, double de celle du miroir ; or, l'œil peut facilement estimer un arc d'un demi-degré, long à peu près d'un pouce, à la distance de dix pieds. En supposant que telle soit la limite de l'observation distincte, bien qu'on pût peut-être distinguer à l'œil nu un arc beaucoup plus petit, on pouvait espérer que lorsqu'une ligne de lumière électrique serait placée parallèlement à l'axe du miroir, il serait possible de déterminer : 1° la durée de la lumière en chaque point où elle apparaît ; 2° le temps qui s'écoule entre l'apparition de la lumière dans deux points successifs de son parcours, pourvu que ce temps, dans chaque cas, ne fût pas moindre de 1/7200 de seconde.

Le premier résultat sera indiqué par l'allongement horizontal dans l'image réfléchie, et le second par la distance entre deux lignes menées, à partir des images, perpendiculairement au plan horizontal. Si la durée et la vitesse étaient l'une et l'autre rendues sensibles par le miroir, l'image réfléchie apparaîtrait comme une bande courbe de lumière.

M. Wheatstone présenta successivement au miroir des étincelles de 4 pouces tirées du conducteur principal d'une puissante machine électrique ; les explosions d'une batterie chargée ; un tube étincelant de 4 pieds de long, présentant une spirale d'étincelles électriques ; un tube de verre vide d'air, de 6 pieds de long, à travers lequel l'étincelle passait et produisait une ligne non interrompue de faible lumière électrique ; diverses figures, telles que des oiseaux, des étoiles, etc., formées d'étincelles électriques ; mais, dans tous les cas, lorsque les images réfléchies passaient dans le champ de vision, leurs formes étaient exactement les mêmes que si elles eussent été réfléchies par le miroir en repos.

Lorsque les étincelles se succédaient rapidement, on voyait apparaître diverses images réfléchies simultanément dans différentes positions, parce que les images étaient renouvelées avant que l'impression produite sur la rétine par les premières images eût disparu. En tenant le tube vide d'air près du conducteur principal et en le regardant directement, il semblait quelquefois briller d'une lumière continue; mais lorsqu'on l'examinait dans le miroir, on voyait que cette continuité apparente n'était en réalité qu'une suite de rapides éclairs.

Il est quelques expériences pour lesquelles une autre position du miroir tournant est préférable.

La figure 5 le représente incliné sur l'axe de rotation qui lui est presque perpendiculaire. Si un point lumineux est placé en un point quelconque du prolongement de l'axe, les images successivement réfléchies par différentes parties du miroir formeront ensemble un cercle dont on pourra voir simultanément toute la circonférence. L'expérience sous cette forme donne, pour l'image, une vitesse angulaire égale à celle du miroir ; l'image et le miroir se meuvent dans la même direction, tandis que, dans le premier cas, l'image se mouvait avec une vitesse double de celle du miroir et dans une direction opposée : la grandeur apparente du cercle décrit augmente avec la distance de l'objet et l'inclinaison du miroir : la flamme d'une chandelle apparaît comme un large anneau lumineux, celle du soleil est convertie en une magnifique ceinture de feu.

Lorsqu'on fait passer une série de petites étincelles entre deux pointes, ou entre une pointe et le conducteur principal, l'œil regardant directement voit, à cause de la rapidité de leur succession, l'apparence d'un faisceau lumineux permanent : mais lorsque le faisceau est placé sur le prolongement de l'axe du miroir tournant, les étincelles successives dont il est composé sont réfléchies à l'œil chacune par des parties différentes de la surface ; elles se présentent alors comme distribuées sur un cercle à des distances régulières; et lorsque les interruptions sont rapides, l'apparence est extrêmement belle.

Ce procédé fait voir aussi que le pinceau de lumière qu'on obtient en présentant une pointe à quelque distance du conducteur est une action intermittente, malgré son apparente continuité : les images réfléchies présentent cependant cette particularité remarquable, qu'elles sont allongées dans la direction du mouvement, ce qui prouve que le pinceau ne passe pas aussi vite que l'étincelle, et que les émissions

qui la constituent subsistent pendant un intervalle de temps qu'on peut mesurer par le mouvement du miroir.

L'utilité de cet instrument n'est pas bornée à la simple observation des intermittences de la lumière électrique : toutes les fois qu'une succession rapide d'altérations a lieu dans un objet qui ne change pas de place, on peut les séparer sans peine par ce moyen. Ainsi, par exemple, la flamme d'hydrogène brûlant en plein air présente un cercle continu dans le miroir; mais lorsqu'elle produit un son dans l'intérieur d'un tube de verre, on observe des variations régulières d'intensité présentant l'apparence des anneaux d'une chaîne, ce qui indique des contractions et des dilatations alternatives de la flamme, correspondantes aux vibrations sonores de la colonne d'air.

VITESSE DE L'ÉLECTRICITÉ. — Dans toutes les recherches de ce genre qui ont été publiées, on essayait de mesurer l'intervalle de temps qu'on supposait devoir exister entre les deux décharges faites aux deux extrémités du fil, extrémités qu'on rapprochait afin qu'elles fussent visibles en même temps. M. Wheatstone substitue au jugement imparfait de l'œil l'action d'un miroir tournant, mais plus rapide dans son mouvement et plus exact dans ses indications qu'aucun de ceux qu'il avait employés jusque-là.

L'instrument que nous allons décrire permet de mesurer 1/1000000 de seconde, et cette limite, dont on n'a pas lieu de croire l'estimation erronée, pourrait être considérablement dépassée avec des instruments plus coûteux et des observations plus délicates. Il semble que ce n'est que dans l'hypothèse d'un transport réel du fluide d'une extrémité du fil à l'autre qu'on peut s'attendre à observer une différence de temps entre les deux étincelles des extrémités : M. Wheatstone a voulu rendre son expérience indépendante de cette vue théorique, et il a eu la précaution de déterminer une troisième étincelle près des deux extrêmes et sur la même ligne qu'elles, en établissant une interruption au milieu du fil. Dans la supposition du transport de deux fluides dans des directions opposées, les étincelles extrêmes devraient être simultanées; mais l'étincelle moyenne ne brillerait que plus tard : les mêmes apparences s'accorderont aussi avec l'hypothèse d'un seul fluide, lorsqu'on admet qu'un dérangement d'équilibre électrique se propage simultanément depuis chaque extrémité, et provient dans un cas d'additions successives à la quantité de fluide neutre du conducteur, dans l'autre de soustractions successives à cette même quantité.

L'expérience fut faite dans la galerie Adélaïde : le fil isolé, long d'un demi-mille, était disposé par lignes parallèles ; ces lignes parallèles avaient chacune cent vingt pieds de long ; elles étaient à six pouces les unes des autres et attachées à un cadre avec des brides de soie de six pouces de long.

On empêchait le fil de se courber à l'aide de cordes de soie tendues à travers la galerie, et que l'on rattachait aux fils à des distances convenables pour les maintenir.

Les bouts du fil marqués 2, 3, 4, 5, étaient attachés aux fils de même dénomination *de la planche à étincelle* (spark-board). Le spark-board est une planche circulaire de trois pouces et demi de diamètre, sur laquelle on a isolé, en les noyant dans de la cire, six fils métalliques parallèles : leurs extrémités arrondies font seules saillie sur la matière résineuse qu'on a représentée en noir, fig. 6, planche II. Cette planche était fixée contre la muraille au-dessous de la galerie, de manière que les boules entre lesquelles les étincelles devaient passer fussent sur une même ligne horizontale : la distance de parcours entre chaque étincelle était de un dixième de pouce ; le fil conducteur était de cuivre et épais de un quinzième de pouce.

La figure 7 représente l'instrument mesureur avec ses appendices ; la figure 8 montre d'une manière plus distincte quelques-unes de ses parties essentielles. ABCD est une forte planche d'acajou bien desséché, longue d'un pied et large de huit pouces : E est un miroir circulaire d'acier poli d'un pouce de diamètre, fixé sur l'axe horizontal FG, de manière que l'axe de rotation soit dans le plan du miroir ; les pivots de l'axe travaillent sur les montants du support de laiton HI ; le mouvement se communique de la roue K à l'axe, à l'aide d'un fil qui passe dans des gorges creusées sur la circonférence de la roue et de la poulie ; une courroie qui est unie à la roue L attachée au même axe que K, peut s'enrouler sur une machine quelconque capable de lui imprimer un mouvement rapide. Dans les expériences de M. Wheatstone, le système des roues était tellement disposé que l'axe portant le miroir eût exécuté dix-huit cents révolutions, pendant que la roue à laquelle le mouvement était d'abord communiqué n'en eût fait qu'une, s'il n'y avait eu aucun retard provenant du glissement des courroies. M est une petite bouteille de Leyde, dont l'armure intérieure doit constamment être électrisée positivement ou négativement à l'aide d'une machine et de la chaîne conductrice N : la tige coudée

partant de l'armure intérieure de la bouteille est en contact immédiat avec le *déchargeur* OP, et l'on règle la décharge spontanée de la bouteille en variant la distance des deux boules. Le fil 1 est fixé à l'armure extérieure de la bouteille, et le fil 6, attaché à un prolongement du support de laiton, se lie au fil de même numéro de la planche à étincelles. Lorsque la bouteille est complétement chargée, et que le bras Q, qui tourne avec l'axe, est amené vis-à-vis du bouton de l'excitateur, la décharge électrique passe à travers le circuit entier, et l'œil voit directement trois étincelles exactement simultanées. Lorsque la face antérieure du miroir est sur le même niveau, tournée du côté de la planche à étincelle, et tellement ajustée qu'elle forme un angle de 45° avec l'horizon, l'œil qui regarde directement de haut en bas voit les images réfléchies des trois étincelles. Le verre plan ou la lentille R est destiné à empêcher l'œil de s'approcher trop du miroir, et à se prêter à la vision des myopes et des presbytes. Le bras Q est disposé de manière que le circuit puisse être fermé lorsque le miroir est dans la position ci-dessus indiquée ; l'autre bras ne sert que de contre-poids. Pour obvier à l'inexactitude qui résulterait de décharges opérées lorsque le bras a des dispositions différentes par rapport au bouton de l'excitateur, on a interposé une plaque de mica S percée d'une très-petite ouverture horizontale opposée à l'axe de l'excitateur, ce qui fixe entre des limites très-rapprochées la possibilité de la décharge. Aussi, quelle que soit la rapidité avec laquelle le miroir se meut, les étincelles sont généralement dans le champ de la vue.

Il était extrêmement important de déterminer la vitesse angulaire de l'axe qui porte le miroir. On ne pouvait accorder aucune confiance au résultat obtenu en calculant le système de roues, parce que dans un mouvement aussi rapide l'évaluation est rendue incertaine par plusieurs causes retardatrices ; il était donc nécessaire de recourir à un moyen indépendant de ces sources d'erreurs, et qui indiquât immédiatement la vitesse. Celui qui parut atteindre le mieux ce but, ce fut de mettre en rotation par l'axe du miroir le plateau mobile d'une petite sirène : T représente une petite boîte creuse d'un pouce de diamètre, dans laquelle le courant d'air était amené par un tube placé en U : sur le fond de cette boîte on avait pratiqué circulairement et à égale distance un certain nombre d'ouvertures ; un disque perforé de la même manière, et qui se mouvait devant ce fond, interceptait

d'une manière périodique le courant sortant, et produisait un son correspondant à la fréquence des occlusions : il est évident qu'on obtenait le nombre des révolutions en divisant par le nombre des ouvertures le nombre de vibrations dans une seconde correspondant au son produit.

M. Wheatstone employa d'abord dix orifices : lorsque le mouvement était lent, on pouvait aisément déterminer le son, mais une augmentation de vitesse le rendait inappréciable. Il réduisit alors à cinq le nombre des ouvertures, mais sans mieux réussir; et enfin à deux : alors le son était si faible, comparé aux bruits accessoires, qu'on ne pouvait plus l'entendre d'une manière distincte.

L'usage du bras Q lui-même, pour produire le son, permit enfin de surmonter la difficulté. On y attacha une petite bande de papier qui, recevant un coup à chaque révolution, produisit par le prompt retour des chocs un son dont l'acuité variait avec la rapidité du mouvement. Lorsque la machine avait la vitesse maximum employée dans les expériences, on obtenait un *sol* dièze de la quatrième octave, ce qui correspond à huit cents révolutions du miroir par seconde. Rien n'a pu troubler l'exactitude du résultat; on entendait le même son en se servant de différents morceaux de papier et de carte; et si on modérait la vitesse, le son passait par tous les degrés de gravité, jusqu'à ce qu'enfin on entendît les battements distincts.

Depuis la lecture de ce mémoire à la Société royale, l'instrument a été muni d'un appareil destiné à enregistrer le nombre des tours. Il est formé d'une aiguille liée à l'axe par un engrenage, et qui fait un tour pendant que le miroir en fait dix mille : l'augmentation de la résistance au mouvement qui en est résultée n'a pas permis de dépasser six cents révolutions par seconde.

Considérons maintenant quelle est la plus courte durée de l'étincelle électrique, et la plus grande vitesse de transmission à travers le fil, qui puissent être découvertes à l'aide de l'instrument que nous venons de décrire. Le miroir fait huit cents tours par seconde, et pendant ce temps l'image d'un point fixe décrit mille six cents circonférences; par conséquent l'élongation d'une étincelle égale à un demi-degré, quantité évidemment visible et égale à un pouce, vue à dix pieds de distance, indiquera qu'elle persiste 1/115200 de seconde. La déviation d'un demi-degré entre les deux étincelles extrêmes correspondait à une vitesse de cinq cent soixante-seize milles par seconde,

le fil étant, comme nous l'avons dit, long d'un demi-mille. Cette estimation de la vitesse repose sur l'hypothèse que l'électricité passe d'une extrémité du fil à l'autre. Si les deux fluides dans l'une des théories, ou, dans l'autre, si les dérangements d'équilibre partent simultanément des deux extrémités du fil, les deux étincelles extérieures garderont leurs positions relatives ; celle du milieu sera seule déviée, et la vitesse mesurée ne sera que la moitié de celle du cas précédent, soit deux cent quatre-vingt-huit milles par seconde.

Des expériences réitérées ont donné les résultats suivants. Dans tous les cas où la vitesse du miroir dépasse une certaine limite, les trois étincelles s'allongent en trois lignes parallèles, et leurs longueurs augmentent avec la rapidité du mouvement. La plus grande élongation observée a été d'environ vingt-quatre degrés, ce qui indique une durée d'environ 1/2400 de seconde. Les lignes ne commencent pas toujours à la même place : quelquefois elles paraissent immédiatement au-dessous de l'œil, d'autres fois à droite ou à gauche, et sont parfois entièrement invisibles ; ainsi que nous l'avons expliqué plus haut, ces divergences proviennent de ce que le bras ne soutire pas toujours l'étincelle à la même distance de l'excitateur : quelques décharges sont donc nécessaires avant que l'œil puisse faire une observation distincte. Lorsque la vitesse est encore faible, les points extrêmes paraissent être exactement dans la même verticale ; mais lorsque la vitesse est considérable, et que le miroir tourne à droite, les lignes prennent cette apparence ═══ ; tandis que s'il tourne à gauche, elles paraissent ainsi ═══. Dans aucun cas, M. Wheatstone ne les vit sous cette forme ═══ ou cette autre ═══, ainsi qu'il le faudrait dans la supposition du transport d'un seul fluide. Il a paru convenable de placer sur le bord de la planche à étincelles et près d'elles la flamme d'une bougie pour guider l'œil ; les lignes de la lumière électrique dans le miroir étaient immédiatement au-dessus de la ligne constante formée par la réflexion de cette flamme, et lui étaient parallèles, en sorte que l'œil pouvait être plus facilement dirigé sur elles, cette flamme aussi aidant à déterminer la distance focale convenable. La table à étincelles était placée, dans toutes les expériences, à dix pieds du miroir.

Après avoir obtenu un allongement considérable de ces étincelles, l'auteur pensait pouvoir aussi allonger ou étendre les lignes de lumière électrique dont il a été question plus haut ; mais, même avec la vitesse

extraordinaire qu'il avait atteinte, il ne put observer aucune altération quelconque : elles étaient encore réfléchies aussi distinctes et aussi peu changées que les objets eux-mêmes vus directement. L'allongement des étincelles, aux interruptions du fil conducteur, était sans doute dû à ce que le diamètre du fil n'était pas assez grand pour permettre à la charge de la bouteille de le traverser autrement que d'une manière successive ; la durée de la décharge paraît être plus longue que le temps requis par l'électricité pour traverser plusieurs milles de fil.

Les étincelles tirées du grand aimant construit par M. Saxton, et qui se trouve dans la galerie Adélaïde, s'étaient considérablement allongées, même lorsque le miroir se mouvait avec une vitesse comparativement plus petite.

Dans le but d'accroître les chances d'observer les étincelles, etc., lorsque leur apparition ne peut pas être déterminée au moment où le miroir se trouve dans une position convenable pour les réfléchir à l'œil, M. Wheatstone propose d'employer un miroir à faces polygonales, symétriquement placé par rapport à l'axe de rotation. Tel serait un miroir hexagonal, par exemple, fig. 9, où AB est l'axe mobile, et C, D, E, trois des faces. Si l'objet est lumineux sans intermittences, l'œil verra, pendant une révolution de l'axe, six arcs lumineux occupant tous la même position ; et si la lumière est discontinue, on aura six fois plus de chances d'observer son image réfléchie que dans le cas d'une seule surface miroitante.

Il est vrai que les arcs ne sont pas circulaires ; mais la différence est à peine sensible lorsque le rayon de la section polygonale est très-petit, comparé à la distance de l'objet lumineux.

L'instantanéité de la lumière de l'électricité à haute tension, rendue évidente par les recherches précédentes, donne le moyen d'observer, pendant un seul instant de leur durée, des phénomènes qui changent avec rapidité, et de faire un grand nombre d'expériences sur les mouvements des corps, lorsque leurs positions successives se suivent trop rapidement pour être vues dans des circonstances ordinaires.

Bornons-nous à indiquer quelques exemples. Une roue tournant rapidement ou un disque en rotation, sur lequel on a peint un objet quelconque, semble parfaitement stationnaire lorsqu'on l'éclaire par l'explosion de la bouteille : des insectes volants semblent fixés dans l'air : des cordes en vibration sont vues en repos dans leurs positions déviées : des gouttes d'eau qui, en se succédant rapidement, parais-

sent à l'œil former un filet continu, se voient telles qu'elles existent réellement.

Les expériences précédentes ayant eu plutôt pour but de découvrir des allongements et des déviations que de les mesurer, il n'est pas possible de donner les résultats avec une exactitude numérique : aussi M. Wheatstone se borne à formuler les conclusions suivantes, déduites des apparences qu'il a observées, en remarquant qu'on ne doit pas les considérer comme entièrement établies avant qu'on ait achevé des expériences plus précises.

1° La vitesse de l'électricité dans un fil de cuivre est plus grande que celle de la lumière dans l'espace planétaire.

2° Dans un fil qui communique par ses extrémités avec les deux armures d'une bouteille chargée, le dérangement d'équilibre électrique se propage avec une égale vitesse, à partir des deux bouts du fil, et n'arrive que plus tard au milieu du circuit.

3° La lumière électrique, à l'état de haute tension, dure moins de 1/1000000 de seconde.

4° L'œil est capable de voir distinctement les objets qui lui sont présentés pendant ce court intervalle de temps.

En continuant ses recherches avec des instruments plus puissants et plus exacts dans leurs indications, M. Wheatstone espérait pouvoir établir les lois numériques d'une classe nombreuse de phénomènes dont nous n'avons eu jusqu'ici aucun moyen d'observer les relations. Parmi ces sujets d'étude, il citait les vitesses relatives des électricités statique et dynamique dans des fils métalliques différents; les modifications de la rapidité de l'électricité à divers états de tension, passant par le même conducteur, si tant est que l'on découvre là quelque différence; la durée de l'étincelle électrique dans différentes circonstances de tension et de quantité, etc.

Dans son traité de physique, cinquième édition, 1847, M. Pouillet s'exprime ainsi : « Les expériences que j'ai faites en 1837 donnent une sorte de limite inférieure de la prodigieuse vitesse avec laquelle l'électricité se propage dans un circuit donné. L'expérience prouve que dans un 1/2400 de seconde un courant se propage avec toute son intensité dans le circuit qui lui est offert. D'autres expériences m'ont montré que cette propagation intégrale se fait encore dans 1/5000 et même dans 1/7000 de seconde. LA NATURE ET L'ÉTENDUE des circuits ne paraissent aucunement modifier ces résultats : que le courant ait à

traverser quelques centaines de mètres ou plusieurs milliers de mètres d'un fil métallique, ou plusieurs mètres d'un très-mauvais conducteur, comme une fine colonne d'eau, l'expérience réussit également bien. En admettant comme extrêmement probable que la vitesse de propagation est proportionnelle à la conductibilité du circuit, il en résulterait que, dans certains cas du moins, la vitesse de l'électricité est beaucoup plus grande que celle de la lumière; car, en admettant en nombres ronds que dans 1/5000 de seconde le courant parcourt une colonne d'eau d'un mètre, il parcourrait dans le même temps un fil de cuivre de même section et de deux mille millions de mètres de longueur ou de deux millions de kilomètres. Ainsi sa vitesse serait environ dix mille fois plus grande que celle de la lumière. »

J'avoue ne rien comprendre à cette rédaction vague et obscure, à ces vitesses de propagation indépendantes de la nature et de l'étendue des circuits et cependant proportionnelles à la conductibilité; à cette vitesse de l'électricité qui, quelquefois, peut être beaucoup plus grande que celle de la lumière, et qui tout à coup se trouve dix mille fois plus grande. Tout cela est inintelligible, incohérent, et ne donnait pas à M. Pouillet le droit de dire par trop cavalièrement que la méthode de M. Wheatstone pour déterminer la vitesse de l'électricité ne lui paraît aucunement atteindre le but.

M. Pouillet avait dit dans son mémoire de 1847 : « Il serait intéressant de faire des expériences sur la vitesse de propagation de l'électricité avec des circuits de trois ou quatre cents kilomètres, comme ceux qui sont employés aux télégraphes électriques. » Ces expériences, un jeune physicien du plus grand mérite, M. Fizeau, vient de les faire, et il en a déduit avec une habileté et un bonheur incroyables le chiffre très-probablement vrai qui mesure la vitesse de propagation de l'électricité dans des fils de fer et de cuivre. Or, au lieu d'applaudir à ce succès inespéré, qui est un véritable événement scientifique, M. Pouillet s'est posé en adversaire déclaré de M. Fizeau; il entasse objections sur objections, etc., etc. C'est en effet bien audacieux à M. Fizeau d'assigner à l'électricité se propageant dans le cuivre une vitesse plus petite d'un tiers que celle de la lumière, tandis qu'elle devait être DIX MILLE FOIS plus grande d'après M. Pouillet.

Nous avons maintenant à exposer ces belles recherches de M. Fizeau sur la vitesse de l'électricité; nous ne le ferons qu'après avoir

montré d'abord comment ce jeune savant est parvenu à mesurer la vitesse de propagation de la lumière. La lumière est éminemment un agent télégraphique, nous l'avons longuement étudiée sous ce point de vue, et par conséquent la détermination de sa vitesse trouve naturellement place dans cet ouvrage.

*Vitesse de propagation de la lumière*, par M. H. FIZEAU.

Nous laisserons l'auteur lui-même décrire brièvement ses expériences, qui sont un de ces faits éclatants dont l'histoire garde éternellement le souvenir.

« Je suis parvenu à rendre sensible la vitesse de la lumière, par une méthode qui me paraît fournir un moyen nouveau d'étudier avec précision cet important phénomène. Cette méthode est fondée sur les principes suivants :

» Lorsqu'un disque tourne dans son plan autour du centre de figure avec une grande rapidité, on peut considérer le temps employé par un point de la circonférence pour parcourir un espace angulaire très-petit 1/1000 de la circonférence, par exemple.

» Lorsque la vitesse de rotation est assez grande, ce temps est généralement très-court : pour dix et cent tours par seconde, il est seulement de 1/1000 et 1/10000 de seconde. Si le disque est divisé à sa circonférence, à la manière des roues dentées, en intervalles égaux, alternativement vides et pleins, on aura, pour la durée du passage de chaque intervalle par un même point de l'espace, les mêmes fractions très-petites.

» Pendant des temps aussi courts, la lumière parcourt des espaces assez limités, 31 kilomètres pour la première fraction, 3 kilomètres pour la seconde.

» En considérant les effets produits lorsqu'un rayon de lumière traverse les divisions d'un tel disque en mouvement, on arrive à cette conséquence que, si le rayon, après son passage, est réfléchi au moyen d'un miroir et renvoyé vers le disque, de manière qu'il le rencontre de nouveau dans le même point de l'espace, la vitesse de propagation de la lumière pourra intervenir de telle sorte, que le rayon traversera ou sera intercepté suivant la vitesse du disque et la distance à laquelle aura lieu la réflexion.

» D'une autre part, un système de deux lunettes dirigées l'une vers

l'autre, de manière que l'image de l'objectif de chacune d'elles se forme au foyer de l'autre, possède des propriétés qui permettent de réaliser ces conditions d'une manière simple. Il suffit de placer un miroir au foyer de l'une, et de modifier le système oculaire de l'autre, en interposant, entre le foyer et l'oculaire, une glace transparente inclinée sur l'axe de 45 degrés, et pouvant recevoir latéralement la lumière d'une lampe ou du soleil, qu'elle réfléchit vers le foyer. Avec cette disposition, la lumière qui traverse le foyer dans l'étendue supposée très-petite de l'image qui représente l'objectif de la seconde lunette est projetée vers celle ci, se réfléchit à son foyer, et revient en arrière en traversant le même espace, pour passer de nouveau par le foyer de la première lunette, où elle peut être observée au moyen de l'oculaire et à travers la glace. »

La figure 10 planche II donnera une idée suffisante de l'appareil employé par M. Fizeau. L'étoile indique la source lumineuse dont les rayons, rendus parallèles par un système de deux lentilles, tombent sur la glace inclinée G placée au foyer de la première lunette, et vont se réfléchir sur le miroir M, placé au foyer de la seconde lunette; R est la roue dentée.

« Cette disposition réussit très-bien, même en éloignant les lunettes à des distances considérables : avec des lunettes de 6 centimètres d'ouverture, la distance peut être de 8 kilomètres sans que la lumière soit trop affaiblie : on voit alors un point lumineux semblable à une étoile, et formé par de la lumière qui est partie de ce point, a traversé un espace de 16 kilomètres, puis est revenue passer exactement par le même point avant de parvenir à l'œil.

» C'est sur ce point même qu'il faut faire passer les dents d'un disque tournant pour produire les effets indiqués; l'expérience réussit très-bien, et l'on observe que, suivant la vitesse plus ou moins grande de la rotation, le point lumineux brille avec éclat ou s'éclipse totalement. Dans les circonstances où l'expérience a été faite, la première éclipse se produit vers 12,6 tours par seconde; pour une vitesse double, le point brille de nouveau; pour une vitesse triple, il se produit une deuxième éclipse; pour une vitesse quadruple, le point brille de nouveau, et ainsi de suite.

» La première lunette était placée dans le belvédère d'une maison située à Suresnes, la seconde sur la hauteur de Montmartre, à une distance approximative de 8633 mètres.

» Le disque, portant sept cent vingt dents, était monté sur un rouage mû par des poids et construit par M. Froment; un compteur permettait de mesurer la vitesse de rotation. La lumière était empruntée à une lampe disposée de manière à offrir une source de lumière très-vive.

» Les premiers essais fournissent une valeur de la vitesse de la lumière peu différente de celle qui est admise par les astronomes. La moyenne déduite des vingt-huit observations qui ont pu être faites jusqu'ici donne, pour cette valeur, 70,843 lieues de 25 au degré.

» J'aurai l'honneur de soumettre au jugement de l'Académie un Mémoire détaillé, lorsque toutes les circonstances de l'expérience auront pu être étudiées d'une manière plus complète. »

Je rappelais tout à l'heure qu'il était de la nature des grandes pensées, des idées heureuses, des inventions éclatantes, de planer en quelque sorte dans l'atmosphère et de faire irruption à la fois dans plusieurs esprits distingués. Voici comme une preuve nouvelle de ces mystérieuses coïncidences.

Un homme modeste, qui s'indignerait si nous avions même la pensée de revendiquer pour lui une petite portion de la gloire acquise par M. Fizeau, M. l'abbé Laborde, professeur de physique au petit séminaire de Corbigny, avait conçu et discuté il y a cinq ou six ans une expérience analogue à celle de M. Fizeau. Il avait écrit à ce sujet à M. Arago une lettre perdue, hélas! dans l'immense portefeuille de l'Observatoire.

## *Détermination de la vitesse de l'électricité*, par MM. H. FIZEAU et GOUNELLE.

Le principe de la nouvelle méthode consiste à interrompre un courant à des intervalles de temps très-rapprochés et simultanément, en deux points très-éloignés d'un conducteur, et à observer sur un galvanomètre les déviations produites. Ces déviations varient avec le nombre des interruptions du courant, et deviennent *maximum* par un certain nombre d'interruptions, *minimum* par un autre.

L'appareil interrupteur du courant est très-simple : une petite roue en bois porte sur sa tranche, qui a une certaine longueur, de petites plaques de platine également espacées, de manière à présenter

une suite de divisions égales, alternativement bois et métal. Une paire de ressorts de platine juxtaposés, mais isolés les uns des autres, vient presser sur les divisions : quand ces ressorts touchent le métal, ils ne sont plus isolés ; s'ils touchent le bois, ils le seront de nouveau. Un semblable système placé dans le circuit voltaïque permettra d'interrompre et de rétablir le courant aussi rapidement qu'on le voudra. Au lieu d'une seule paire de ressorts, on peut en mettre plusieurs qui viendront toucher la roue en plusieurs points de sa circonférence et formeront autant d'interrupteurs distincts : les interruptions pourront d'ailleurs être réglées de manière à concorder ou à alterner toujours entre elles pour toutes les vitesses de la roue.

Supposons d'abord deux interrupteurs réglés de manière que leurs effets concourent exactement ; si la roue porte 100 divisions égales, 50 de métal et 50 de bois, chaque division sera égale à 1/100 de la circonférence, et pour un tour de la roue par seconde, ces deux interrupteurs détermineront simultanément 50 interruptions et 50 rétablissements du courant ; ces alternatives de rupture et de fermeture dureront chacune 1/100 de seconde ; elles dureraient 1/10 de seconde si la roue tournait 10 fois moins vite, et 1/1000 de seconde si elle tournait 10 fois plus vite.

Concevons qu'une pile soit en communication par un de ses pôles avec la terre ; par l'autre, avec un premier interrupteur, puis avec un conducteur très-long, le fil, par exemple, d'un télégraphe électrique, ensuite avec un second interrupteur, et enfin avec la terre. L'électricité doit être considérée comme partant du second pôle, de celui qui n'est pas en communication directe avec la terre, et revenant se perdre dans le sol après avoir traversé les deux interrupteurs et les conducteurs qui les séparent.

Lorsqu'on fera tourner la roue, le courant sera simultanément interrompu au point de départ et au point d'arrivée, c'est-à-dire aux deux extrémités du conducteur. Il est évident que, si la vitesse de propagation de l'électricité était infinie, l'effet serait le même que s'il n'y avait qu'un seul interrupteur ; et quel que fût le nombre des interruptions ou le nombre des tours de la roue, un galvanomètre placé dans le circuit indiquerait un courant d'intensité constante et égale à la moitié de celle du courant total : c'est la conséquence rigoureuse d'un principe démontré expérimentalement par M. Pouillet. Si au contraire l'électricité emploie un certain temps à parcourir l'es-

pace qui sépare les deux interrupteurs, l'effet sera bien différent; la concordance entre les deux interrupteurs cessera d'être nécessaire et constante, il y aura même discordance complète pour une certaine vitesse de la roue. Cela arrivera lorsque la durée de chaque courant partiel sera précisément égale au temps nécessaire à l'électricité pour aller de l'une à l'autre extrémité du conducteur. Dans ce cas, le courant évidemment ne passerait plus, puisqu'il reviendrait au second interrupteur lorsqu'il serait en contact avec le bois. En augmentant encore la vitesse de la roue, le courant passera de nouveau, etc., etc. Dans cette seconde hypothèse donc, le galvanomètre indiquera non des déviations constantes, mais des indications variables avec la vitesse de la roue, et pour une certaine vitesse il y aura un *minimum* correspondant à une relation très-simple entre la vitesse de l'électricité, la vitesse de la roue et le nombre des divisions.

Telle est en principe la méthode employée par MM. Fizeau et Gounelle.

Les expériences ont été faites sur les fils conducteurs des lignes télégraphiques de Rouen et d'Amiens, qui toutes les deux viennent aboutir à une même salle au ministère de l'intérieur. La disposition de ces fils permet d'établir un circuit métallique complet, comme il le fallait pour ces recherches. En réunissant à une des extrémités de la ligne les deux fils qui fonctionnent ordinairement séparés, on obtient un seul fil conducteur d'une longueur double de celle de la ligne et dont les extrémités aboutissent au même point. On avait ainsi les longueurs suivantes : pour la ligne d'Amiens, 313 kilom. 92; pour la ligne de Rouen, 287 kilom. 679. Le fil conducteur de la ligne d'Amiens est un fil de fer galvanisé de 3,5 millimètres de diamètre; le fil conducteur de la ligne de Rouen comprend : 102 kilom. 771 en fil de fer de 3,5 millimètres, et 184 kilom. 908 en fil de cuivre de 2,5 millimètres.

L'appareil destiné à produire les interruptions consistait en une petite roue de buis de 50 millimètres de diamètre, portant sur sa circonférence 36 divisions égales, 18 de platine et 18 de bois; cette roue était montée sur l'axe d'une machine à rotation, construite par M. Froment; un compteur donnait avec exactitude le nombre des tours. Sur les divisions de cette roue venaient s'appuyer les lames de platine destinées à produire les interruptions. Les lames, disposées par paires et isolées entre elles, étaient fixées d'une manière invariable, en sorte que

leur position restât exactement la même pendant le mouvement de la roue; l'extrémité libre des interrupteurs avait la forme d'un triangle de deux millimètres de hauteur et reposant par sa pointe sur les divisions de la roue. Les surfaces en contact devaient être bien nettes, et pour qu'elles ne fussent pas altérées il ne fallait pas se servir de courants trop énergiques.

La machine à rotation était mue par des poids, et la vitesse pouvait être graduée au moyen d'un frein qui agissait sur un des axes; lorsqu'on était parvenu par des tâtonnements successifs à imprimer à la roue une vitesse uniforme et telle que le galvanomètre donnât d'une manière permanente la déviation *minimum*, on faisait agir le compteur pendant un certain temps et l'on évaluait le nombre de tours faits par la roue dans une seconde. On se contentait quelquefois de tourner la roue à la main, au moyen d'une manivelle; la précision était moins grande; mais on n'avait plus besoin d'une installation complète, et l'on pouvait multiplier beaucoup les expériences sans gêner le service des télégraphes.

Le galvanomètre employé, construit par M. Rumkorf, est à quatre fils distincts, dont les extrémités, au nombre de huit, aboutissent à autant de boutons de communication; cette construction permet de donner à l'instrument une sensibilité variable, et de plus, d'en faire un galvanomètre différentiel en faisant passer deux courants en sens contraire à travers des longueurs égales de fils.

La pile était le plus ordinairement une pile de Bunsen, quelquefois une pile de Grove, quelquefois aussi une pile toute particulière, dont l'élément électro-négatif se composait d'un fil de platine plongeant dans une dissolution de sel marin, les deux liquides étant séparés par une cloison de kaolin. La résistance de ces petits éléments est très-grande : pour douze éléments, elle équivaut aux deux tiers du circuit formé par les deux fils de la ligne d'Amiens; sa force électro-motrice, comparée à celle de la pile de Grove, donne le rapport 13/16.

La communication avec la terre consistait en une plaque de tôle soudée à l'extrémité d'un gros fil de fer et plongeant dans l'eau d'un puits.

L'expérience a été disposée de deux manières. Dans la première disposition on emploie deux interrupteurs A et B, la pile est en communication avec la terre par un de ses pôles, le pôle négatif par exemple; par l'autre avec l'interrupteur A, puis avec le premier fil

du télégraphe. A l'extrémité de la ligne, à Amiens par exemple, les fils sont réunis et isolés de la terre, le courant revient donc par le second fil qui aboutit à l'interrupteur B, mis en communication avec le galvanomètre, qui communique lui-même avec la terre. Un fil accessoire destiné à produire une dérivation s'attache d'une part au fil de retour avant l'interrupteur B, et de l'autre à la terre; le second interrupteur et le galvanomètre sont aussi compris dans le circuit de dérivation. Les interruptions peuvent être réglées de manière à être alternées ou simultanées. Supposons-les d'abord simultanées : voici alors la marche du courant électrique : au moment où les interrupteurs touchent le métal, la pile entre en activité, l'électricité négative se rend à la terre, l'électricité positive pénètre dans le conducteur, le parcourt dans toute sa longueur et revient à la terre par deux chemins, l'un le fil de dérivation, l'autre l'interrupteur B et le galvanomètre. Au moment où les interrupteurs quittent le métal, la pile entre en repos et les deux pôles cessent simultanément d'émettre l'électricité qui leur est propre; mais l'électricité positive émise dans les derniers instants continuera à parcourir le conducteur, et se rendra à la terre par un seul chemin, qui est le fil de dérivation, l'interrupteur B ayant rompu le chemin qui correspond au galvanomètre. Il y aura donc une fraction du courant qui sera arrêtée par l'interrupteur B, qui n'agira pas sur l'aiguille du galvanomètre; et cet effet provient uniquement de ce que l'électricité emploie un certain temps pour se propager dans tout le circuit; lorsque la roue tourne avec une vitesse croissante, cette fraction, qui est la même pour chacune des interruptions, se multiplie avec elle, et si la vitesse devient telle que la durée des courants partiels et des interruptions soit égale au temps nécessaire à la propagation de l'électricité, la fraction arrêtée ou soustraite sera la plus grande possible. La quantité d'électricité qui traversera le galvanomètre et par suite la déviation diminuent donc à mesure que la vitesse de rotation augmente; à une certaine limite la déviation est la plus petite possible; et elle devrait être nulle si l'électricité se propageait avec la même facilité que la lumière, ce qui ne paraît pas avoir lieu.

Au delà de cette vitesse particulière la déviation croît de nouveau, atteint un *maximum*, puis de nouveau un *minimum*, mais moins tranché que le premier; elle devient enfin sensiblement constante pour des vitesses plus grandes. Pour la lumière, il n'en était pas ainsi;

on pouvait observer facilement quatre périodes successives d'éclat et d'obscurité avec une égale netteté.

On peut, sans rien changer à la disposition des autres parties, faire en sorte que les deux interrupteurs agissent alternativement. Le courant alors est toujours interrompu soit en A, soit en B; et quelle que soit la position de la roue tant qu'elle ne tourne pas, l'aiguille du galvanomètre n'est pas déviée; mais aussitôt que la roue est en mouvement, l'aiguille indique une déviation qui croît avec la vitesse, atteint un maximum, décroît ensuite et devient bientôt constante pour les vitesses supérieures. Les périodes se succèdent dans un ordre inverse des précédentes et leur correspondent exactement.

Dans la deuxième disposition adoptée par MM. Fizeau et Gounelle, on fait usage de trois interrupteurs A, B, C, et d'un galvanomètre différentiel G. L'interrupteur C est réglé de manière à alterner avec A et B. A est au point de départ, B et C au point d'arrivée; chacun de ces deux interrupteurs communique d'une part avec le fil conducteur, d'une autre avec un des deux fils du galvanomètre, ensuite avec la terre. Les communications du galvanomètre sont réglées de manière que le courant venant par B ou par C traverse le multiplicateur en sens inverse et produit des déviations contraires. On voit que pendant la rotation il y a toujours un des deux chemins ouverts, et que selon que les courants partiels passent par l'un ou par l'autre, l'aiguille du galvanomètre est déviée en sens contraire : il n'y a plus de fil de dérivation. Cette disposition présente plusieurs avantages. Le plus grand consiste en ce que le phénomène des périodes de *maximum* et de *minimum* est rendu plus évident encore et plus facile à mesurer. Dans cette disposition en effet les excursions de l'aiguille sont doublées, parce que le courant passe tantôt par un des interrupteurs tantôt par l'autre, et que dans les deux cas il produit des déviations contraires. L'aiguille oscille donc de part et d'autre du zéro, et révèle à chaque instant en quelle proportion le courant passe par les deux chemins qui lui sont offerts. La fig. 11, planche II, donne une idée assez nette de l'appareil. PN est la pile; P son pôle positif, N son pôle négatif; AA, BB, CC sont les trois interrupteurs; F, F le fil conducteur de Paris à Amiens et d'Amiens à Paris; G le galvanomètre; RR la roue, bois et métal.

Voici enfin les résultats des expériences : ces messieurs ont d'abord

cherché à établir d'une manière certaine que la marche de l'électricité était bien celle que nous venons de décrire.

Si l'on supprime la communication avec la terre au delà des points d'attache des fils venant du pôle négatif d'une part, et du galvanomètre de l'autre, sans faire aucun autre changement dans la disposition de l'expérience, on observe ce qui suit. Lorsque la roue est en repos et dans une position telle que le circuit soit complet, le galvanomètre indique la même déviation qu'avec la terre, sauf une légère différence due à l'imparfait isolement des fils, et qui augmente ou diminue selon que le temps est plus ou moins humide. Lorsque la roue est mise en mouvement, la déviation devient égale à celle que donnerait un courant d'une intensité moitié plus faible, et cette déviation reste constante et indépendante de la vitesse de la roue. Dans cette circonstance on doit admettre que les deux électricités se propagent simultanément à partir des deux extrémités du conducteur et qu'elles vont se rencontrer à égale distance de ces extrémités, si leurs vitesses sont les mêmes. Les expériences de M. Wheatstone ont déjà montré qu'il en est ainsi lorsqu'on décharge une bouteille de Leyde à travers un long conducteur. Lorsqu'au contraire on établit, comme nous l'avons fait, une communication avec la terre près l'un des pôles de la pile, la propagation a lieu dans le conducteur, seulement à partir du pôle opposé.

L'influence de la terre peut être définie de la manière suivante : si dans un conduit fermé, parcouru par un courant, on établit en un point M une communication avec la terre, et si en un point M′ on interrompt ou établit le courant, ces changements se propageront de part et d'autre de M′ et viendront aboutir en convergeant au point M. On a vu qu'en donnant à la roue des vitesses croissantes la déviation de l'aiguille diminue et atteint un *minimum* qui permet d'établir une relation entre la vitesse de propagation de l'électricité $v$, le nombre $m$ des divisions de la roue RR et le nombre $n$ de tours qu'elle fait en une seconde. Cette relation est exprimée par l'équation suivante, dans laquelle $e$ représente la longueur du circuit :

$$v = emn.$$

Avec la ligne de Paris à Amiens les nombres de tours par seconde trouvés dans diverses expériences étaient 8,7; 8,8; 10,0; 9,2; 8,3. *Moyenne* 9.

La longueur $e$ du circuit étant 313 kilom. 92, le nombre $m$ des divisions 36, on a

$$v = 161{,}710 \text{ kilom.},$$

et le circuit est parcouru en 1/324 de seconde.

Avec la ligne de Paris à Rouen les nombres de tours en une seconde ont été 13,5 ; 13,8 ; 14,2 ; 12,1 ; 14,3. *Moyenne* 13, 58.

La longueur du circuit étant 287 kilom. 679, le nombre des divisions de la roue 36, on a

$$v = 140{,}642 \text{ kilom.};$$

le circuit était parcouru en 1/489 de seconde.

Le circuit étant composé de deux parties différentes, l'une en fil de cuivre de 184 kilom. 908, le reste en fil de fer, la différence de vitesse doit être attribuée à l'influence du fil de cuivre, et comme on connaît la vitesse dans le fil de fer, on peut obtenir par le calcul la vitesse dans le fil de cuivre. Soit $v'$ cette vitesse, $v''$ la vitesse dans le fer, $v$ la vitesse dans le circuit mixte, $e'$ la longueur du fer, $e''$ la longueur du cuivre, $e$ la somme des deux,

$$v' = \frac{v''ve''}{v''e - ve''} = 177{,}722 \text{ kilom.}$$

On a pu faire deux expériences avec des longueurs de fil de fer moindres que celle de la ligne d'Amiens, et l'on a trouvé que le nombre de tours de la roue correspondant au *minimum* est sensiblement en raison inverse des longueurs du circuit, comme cela doit être, en admettant que le temps de la propagation est proportionnel à la distance parcourue.

Dans ces expériences, la machine était mise en mouvement au moyen de la manivelle, et le nombre de tours ne pouvait être mesuré qu'approximativement.

La ligne de Lille à Calais présente une circonstance particulière : deux cinquièmes seulement de la longueur sont en fil de fer du même diamètre que celui de la ligne d'Amiens ; les trois autres cinquièmes sont formés d'un fil de fer d'un diamètre plus petit, et dont la section est à celle du précédent comme 1 : 1,54. Il y avait de l'intérêt à rechercher si cette circonstance aurait de l'influence sur la vitesse de la propagation ; cette influence s'est montrée sensiblement nulle ; il est donc très-probable que la vitesse de propagation est indépendante de

la section du fil conducteur. Mais de nouvelles expériences faites dans des circonstances plus favorables sont nécessaires pour établir ce fait d'une manière certaine.

Il est très-difficile d'opérer sur des lignes très-longues, MM. Fizeau et Gounelle ont pu cependant, dans des circonstances très-favorables, faire une expérience en réunissant les deux lignes de Rouen et d'Amiens; la vitesse de la roue correspondant au *minimum* s'est trouvée sensiblement d'accord avec la vitesse calculée 5, 5 ; le circuit avait alors une longueur de 601 kilom. 6.

Des physiciens éminents avaient pensé que dans des conducteurs différents la vitesse devait être proportionnelle à la conductibilité : or, en comparant les nombres trouvés pour le fer et le cuivre avec les conductibilités de ces métaux, on voit que la vitesse est plus grande dans le métal qui est le meilleur conducteur, mais qu'elle n'est pas proportionnelle à la conductibilité.

On a vu que les périodes successives de minimum et de maximum sont peu nombreuses et qu'elles s'effacent bientôt entièrement. Ce phénomène paraît dépendre d'une circonstance remarquable de la propagation des courants que l'on peut caractériser de la manière suivante.

Lorsqu'on produit un courant discontinu, on peut concevoir dans le conducteur une série d'espaces occupés par les courants partiels et séparés par d'autres espaces dans lesquels il n'y a pas de courant; or, pendant la propagation, les premiers espaces s'agrandissent aux dépens des seconds, et d'autant plus que la distance est plus grande, c'est-à-dire que les courants partiels éprouvent en se propageant une diffusion en vertu de laquelle ils tendent à se confondre entre eux et à donner lieu à un courant unique et continu.

En admettant que cette diffusion soit la même pour des courants d'une durée plus ou moins longue, on voit que lorsqu'on multiplie les interruptions les courants partiels doivent finir par se confondre et n'être plus distincts.

Plusieurs circonstances semblent indiquer que ce phénomène ne se produit pas également en avant et en arrière du courant, mais seulement en arrière, et qu'il se produit à la suite du courant d'une intensité décroissante et dont la longueur augmente avec l'espace parcouru. Le courant conserverait ainsi toute son intensité dans la partie qui se propage la première, et la partie qui le termine s'affaiblirait seule en

s'étendant. MM. Fizeau et Gounelle ont pu prouver que ce phénomène n'avait pas eu d'influence sensible sur leurs déterminations de la vitesse de propagation.

Ils ont voulu voir si le nombre des éléments de la pile aurait de l'influence sur la vitesse de propagation ; mais ils n'ont remarqué aucune différence : deux, huit et douze éléments de piles de nature différente donnaient le même résultat.

En intervertissant les pôles, on pouvait aussi observer successivement la vitesse de chacune des deux électricités ; et tout semble indiquer que les deux électricités se propagent sensiblement avec la même vitesse.

MM. Fizeau et Gounelle ont voulu substituer aux fils des télégraphes des fils enroulés sur des bobines, espérant que cette disposition faciliterait considérablement leurs recherches ; mais ils ont bientôt reconnu que les phénomènes d'induction qui se développent dans cette circonstance interviennent d'une manière très-complexe sur la propagation des courants discontinus, et rendent l'expérience impossible.

La comparaison entre les vitesses de la lumière et de l'électricité est maintenant facile. La vitesse de la lumière dans le vide étant prise pour unité, la vitesse de l'électricité est :

Dans le fer, 0,326 ; dans le cuivre, 0,569.

Le rapport entre ces deux vitesses est 1,75.

Au lieu de prendre pour terme de comparaison la vitesse de la lumière dans le vide, on peut considérer la vitesse de la lumière dans les métaux , calculée au moyen des indices de réfraction que M. Brewster a déduits de ses recherches sur la polarisation métallique.

La vitesse dans le vide étant prise pour l'unité :

| | |
|---|---|
| Pour l'acier, l'indice de réfraction n'est pas donné pour le fer pur, la vitesse théorique de la lumière est | 0,268 |
| Pour le cuivre, | 0,383 |
| Rapport entre ces deux vitesses, | 1,43 |

Ces nombres sont plus voisins des précédents que ceux-ci de l'unité ; le second rapport est même peu différent du premier. De nouvelles recherches décideront s'il n'y a dans ce rapprochement qu'une coïncidence accidentelle, ou s'il existe une relation réelle entre ces quantités.

Résumons enfin les recherches de MM. Fizeau et Gounelle :

Dans un fil de fer dont le diamètre est de 4 millimètres, l'électricité se propage avec une vitesse de 101710 kilomètres, en nombre rond de 100000 kilomètres par seconde.

Dans un fil de cuivre dont le diamètre est de 2,5 millimètres, cette vitesse est de 177722, en nombre rond de 180000 kilom.

Les deux électricités se propagent avec la même vitesse.

Le nombre et la nature des éléments dont la pile est formée, et par conséquent la tension de l'électricité et l'intensité du courant n'ont pas d'influence sur la vitesse de propagation.

Dans les conducteurs de nature différente, les vitesses ne sont pas proportionnelles aux conductibilités électriques.

Lorsque les courants discontinus se propagent dans un conducteur, ils éprouvent une diffusion en vertu de laquelle ils occupent un espace plus grand au point d'arrivée qu'au point du départ.

La vitesse de propagation paraît ne pas varier avec la section des conducteurs ; les expériences font considérer ce principe comme très-probable.

Si ce principe est vrai, la vitesse de propagation ne change qu'avec la nature du conducteur, et les nombres ci-dessus représentent les vitesses absolues de l'électricité dans le fer et dans le cuivre.

L'examen consciencieux que nous avons fait des expériences de MM. Fizeau et Gounelle ne nous laisse presque aucun doute sur la certitude des résultats qu'ils ont obtenus, et nous admettons comme expression très-approchée de la vérité la valeur qu'ils assignent à la vitesse de propagation des courants électriques.

Cette grande question a beaucoup préoccupé les physiciens de l'Amérique, et ils ont voulu la résoudre aussi par de solennelles expériences antérieures même à celles de nos habiles compatriotes. Nous ne reproduisons pas leurs mémoires originaux, parce que des doutes sérieux planent encore sur l'interprétation que MM. Walker et Mitchel ont cru devoir donner des faits observés par eux. Nous croyons mieux servir la science en analysant avec quelques détails la critique grave, savante, fine et vraie, nous le pensons, du moins, que M. Fizeau a faite de ces recherches dans un mémoire présenté à l'Académie des sciences le 13 janvier 1851.

*Exámen des expériences faites en* 1848 *et* 1849 *aux États-Unis par* MM. S.-C. WALKER *et* O.-M. MITCHEL, *pour déterminer la vitesse de propagation de l'électricité, par* M. FIZEAU.

Une commission avait été chargée, par le gouvernement de l'Union, de fixer les coordonnées géographiques des points principaux du littoral des États-Unis. Le président de cette commission, M. Bache, proposa de faire usage d'un moyen nouveau pour la détermination des différences de longitudes, moyen consistant dans l'emploi de signaux transmis par les télégraphes électriques qui, aux États-Unis, ont, comme on le sait, un grand développement, et font communiquer entre elles les villes principales de l'Union.

Cette méthode donnerait évidemment des résultats parfaits si les signaux se transmettaient instantanément le long des fils télégraphiques, car alors les heures exactes des deux stations extrêmes pourraient être à chaque instant comparées entre elles. Il n'en est plus de même si, comme on devait le supposer, la transmission des signaux, au lieu de se faire instantanément, exige un temps appréciable, car alors les signaux n'arriveront à la seconde station qu'un peu après avoir été produits à la première; il faudra donc tenir compte de ce retard, et les observations devront subir une correction dont la valeur devra être déterminée par des expériences spéciales.

Dès les premiers essais que l'on fit de cette méthode, on aperçut qu'il y avait en effet un retard dans la transmission des signaux. Ce retard, quoique très-petit, n'était pas négligeable. En conséquence, un système d'expériences fut organisé pour déterminer cet élément avec précision. Plusieurs mémoires de M. S.-C. Walker et de M. O.-M. Mitchel ont été publiés à ce sujet dans le journal astronomique de Cambridge de 1848.

EXPÉRIENCES DE M. WALKER. — M. Walker considère le retard observé comme dû au temps que l'électricité emploie à se propager d'une station à l'autre, et il pense que ses expériences fournissent une mesure de la vitesse de propagation de l'électricité.

Dans son premier travail il donne 18,700 et 16,000 milles comme l'espace parcouru dans une seconde; ses dernières recherches le con-

duisent à admettre le chiffre de 12,000 milles auquel M. Mitchel substitue en nombre rond 30,000 milles.

M. Walker a fait usage de télégraphes *écrivants*.

Dans ses premières recherches c'était le télégraphe de Morse; dans son travail le plus récent, le télégraphe de Bain.

Dans ces appareils il y a une bande de papier enroulée sur un cylindre, lequel est animé d'un mouvement de rotation uniforme, et chaque fois que le courant passe il se fait une marque sur le papier au moyen d'une pointe d'acier qui presse avec force dans le télégraphe de Morse, et qui produit une décomposition chimique dans le télégraphe de Bain.

Si l'on fait des signaux à des intervalles de temps très-rapprochés, il y aura sur le papier des marques très-voisines, et la vitesse de translation du papier étant connue, les distances existantes entre les marques voisines permettront de connaître les intervalles de temps compris entre les signaux.

Un appareil semblable est placé à chaque extrémité de la ligne télégraphique avec une pile électrique d'une forme convenable : les communications sont disposées de manière que deux observateurs, placés aux deux stations, puissent chacun, en pressant un seul bouton, marquer sur son appareil voisin et transmettre à l'autre station le même signal ; si l'on suppose que les deux bandes de papier se meuvent avec la même vitesse et que chaque observateur alternativement fasse un signal, les deux bandes de papier devront présenter l'apparence suivante, dans le cas où les signaux seraient transmis instantanément :

$$\begin{array}{cccc} a' & b & c' & d \\ a & b' & c & d' \end{array}$$

$a$, $b$, $c$, $d$, sont les signaux au point de départ;

$a'$, $b'$, $c'$, $d'$, les signaux au point d'arrivée.

Si les signaux exigent un certain temps pour se transmettre, la disposition des marques sera la suivante :

$$\begin{array}{cccc} & a'b & & c'd \\ a & & b'c & & d' \end{array}$$

La différence des longueurs $ab' - a'b$, $cd' - c'd$ sera évidemment d'autant plus grande que le temps de la transmission sera plus considérable.

Cette différence est une certaine longueur qui peut être transformée en temps d'après la vitesse connue de translation du papier, et il est facile de reconnaître que ce temps représente le double de la durée de la transmission d'une station à l'autre.

Cette méthode est simple et rigoureuse en principe, mais dans l'application il n'en est pas ainsi; elle exige que les marques qui s'impriment sur le papier se produisent ou dans le moment précis du passage du courant, ou au moins après un petit intervalle de temps qui soit rigoureusement le même pour chaque appareil, soit que l'on transmette, soit que l'on reçoive un signal.

Or, pour aucun télégraphe écrivant, on ne peut admettre l'exacte concordance de l'instant de l'impression avec l'instant où le courant commence à passer. Il y a nécessairement un certain retard que l'on peut appeler la durée de l'impression. Pour le télégraphe de Morse par exemple, il y a un électro-aimant qui devient actif par le passage du courant : une lame de fer portant une pointe d'acier est attirée par l'électro-aimant lorsque le courant passe, et cette lame s'éloigne par l'action d'un ressort lorsque le courant ne passe plus; la pointe d'acier, dans son mouvement, rencontre la surface du papier et y imprime les signaux par la pression qu'elle exerce. Il est évident, il est admis par tout le monde qu'un tel mécanisme exige un temps appréciable pour fonctionner. On doit admettre également, et les expériences de M. Mitchel démontrent qu'il en est ainsi, que pour un même instrument la durée de l'impression sera différente avec des courants de forces différentes, plus courte lorsque le courant sera plus intense, plus longue lorsque le courant sera plus faible, la même tant que le courant aura la même intensité.

Sur les grandes lignes télégraphiques, le courant ne serait pas assez fort pour que la pointe imprimât les signaux d'une manière suffisamment marquée. On se sert généralement, et M. Walker a fait usage de ce moyen, d'un autre circuit composé d'une seconde pile et d'un second électro-aimant, et c'est ce dernier qui fait mouvoir la pointe d'acier et imprime les signaux.

C'est la disposition que l'on a appelée *relais* et qui a été imaginée primitivement pour établir des communications télégraphiques entre des stations très-éloignées, malgré l'affaiblissement du courant dû à l'isolement imparfait des fils.

Ce moyen permet de disposer d'une force plus grande, mais il in-

troduit dans les expériences une complication nouvelle et des causes d'erreurs évidentes.

Un électro-aimant présente déjà de grands inconvénients ; un système de deux électro-aimants dépendant l'un de l'autre et exigeant l'emploi de deux piles séparées est encore moins convenable pour des recherches de cette nature.

Il y a donc dans le télégraphe de Morse un certain retard pour l'impression des signaux.

Ce retard varie avec l'intensité du courant, par conséquent il n'est pas le même pour les deux appareils extrêmes sur lesquels le courant ne peut pas avoir la même intensité.

On ne peut donc pas admettre que les signaux transmis ou reçus indiquent exactement les instants relatifs du passage du courant, et l'on peut même prévoir que le signal reçu éprouvera un retard plus grand que le signal transmis, parce que le défaut d'isolement des fils a pour effet constant de rendre le courant plus faible à la station la plus éloignée.

Avec le télégraphe de Bain il n'y a plus d'électro-aimant, et les signaux sont produits sans aucun mouvement mécanique ; mais dans l'action chimique qui les fait naître, si l'on considère attentivement les circonstances de la production des signaux, on aperçoit une cause d'erreur différente qui tend à produire les mêmes résultats, c'est-à-dire une durée d'impression sensible.

En effet, dans le système de Bain, le papier, qui se meut comme dans le système précédent, est imprégné d'une dissolution de prussiate jaune de potasse et d'un peu d'acide nitrique. Une pointe de fer correspondant au pôle positif de la pile est en contact permanent avec la surface du papier, lequel repose sur une plaque métallique correspondant au pôle négatif.

Lorsque le courant passe le fer s'oxyde, et il se forme une petite quantité de nitrate de fer. Ce sel, se trouvant en présence du prussiate de potasse, produit du bleu de Prusse qui reste sur le papier et témoigne du passage du courant. Ainsi la trace de la pointe de fer sur la bande de papier en mouvement est visible ou invisible suivant que le courant passe ou ne passe pas. Il en résulte des signes consistant en de petites lignes plus bleues séparées par des intervalles moins bleus.

Or, il est certain que dans la formation de ces signaux on ne doit

pas admettre que la ligne a commencé à être visible au moment précis où le courant a commencé son action. Il faut qu'il se soit formé déjà une certaine quantité de sel de fer pour que le bleu de Prusse soit en quantité suffisante pour être visible. De même, lorsque le courant cessera de passer, la quantité de ce sel de fer formé ne sera pas épuisée instantanément ; mais il continuera encore à se former un peu de bleu de Prusse pendant un petit instant. Par conséquent, le commencement et la fin des signaux ne doivent pas correspondre exactement aux moments où le courant est établi ou interrompu.

On doit donc admettre comme très-probable l'existence d'un retard des signaux sur le courant, retard tout à fait semblable à celui qui se produit dans l'appareil de Morse.

L'examen des bandes de papier sur lesquelles les signaux de Bain ont été imprimés montre clairement que les choses se passent en effet comme on vient de le dire. Les petites lignes ne se terminent pas d'une manière nette à leurs extrémités ; mais elles commencent et finissent par une dégradation de teinte dont l'existence est tout à fait d'accord avec l'explication précédente.

Ainsi, l'on peut dire que jamais l'instant précis où le courant est admis ou interrompu ne coïncide avec l'instant où les lignes tracées sur le papier commencent ou cessent d'être visibles ; et l'on peut dire également que ce défaut de coïncidence est plus ou moins grand suivant l'intensité du courant.

Plusieurs autres causes moins faciles à analyser doivent avoir une influence sur la formation des signaux, et retarder ou accélérer le moment où les signes deviennent et cessent d'être visibles. Nous citerons seulement l'état d'humidité du papier qui doit varier sans cesse, la pression plus ou moins grande de la pointe de fer sur le papier et l'état variable de la surface de ce dernier. Ces considérations prouvent que pour les télégraphes écrivants de Morse et de Bain, il y a en général un retard dans la formation des signaux, retard qui ne permet pas de conclure directement l'instant du passage du courant de l'instant où les signaux s'impriment.

Les expériences faites au moyen du télégraphe de Bain ont été exécutées sur la ligne de Boston à New-York. Sur cette ligne le fil de fer est d'une longueur de 220 milles, 354 kilomètres.

A chaque station extrême, il y avait une pile de Grove de vingt-cinq éléments en communication par son pôle zinc avec la terre et

par son pôle platine avec le fil de la ligne. Une partie du courant était empruntée pour former un court circuit (*short branch circuit*) dans lequel était placé l'appareil de Bain. Le mouvement d'une même clef ouvrait ou fermait ce circuit en même temps qu'il établissait ou rompait la communication de la pile avec le fil de la ligne.

Lorsque cette communication était rompue, le court circuit restait en rapport avec le fil de la ligne d'une part, et avec la terre de l'autre, de manière à être disposé pour recevoir les signaux de l'autre station.

Les choses étant en cet état, un observateur placé à la station de Boston, marquait et transmettait simultanément un signal; un second observateur à la station de New-York, répondait par un signal semblable également marqué et transmis à la fois.

La même manœuvre, répétée plusieurs fois, donnait lieu sur chaque appareil à des marques successives correspondant aux signaux produits alternativement aux deux stations extrêmes.

La vitesse de translation du papier n'est pas donnée dans le mémoire, ni la longeur absolue des lignes tracées et des intervalles qui les séparaient. L'auteur donne seulement ces valeurs *en temps;* ainsi la longueur des lignes ou la durée des signaux était le plus souvent 1/4 ou $0^s,25$ de seconde, et l'intervalle entre le commencement de deux signaux 1/2 ou $0^s,50$.

Une série de mesures a d'abord été faite pour voir si la longueur des lignes ou la durée apparente des signaux était bien la même aux deux stations.

En voici le résultat : sur trente signaux envoyés de New-York à Boston, huit ont présenté la même longueur aux deux stations, dix-neuf une longueur plus grande à New-York qu'à Boston, trois une longueur plus grande à Boston qu'à New-York. $m'$ et $m$ étant les longueurs aux deux stations, la différence $m' - m$ a varié de $+ 0^s,05$ à $- 0^s,05$. La valeur moyenne pour les trente signaux est $+ 0^s,0123$.

En envoyant les signaux en sens contraire, c'est-à-dire de Boston à New-York, et en appelant $m'$ et $m$ les longueurs à Boston et à New-York, la différence $m' - m$ a varié de $0^s,04$ à $- 0^s,05$. La valeur moyenne pour vingt et un signaux est $+ 0^s,0024$.

On voit que la durée des mêmes signaux, mesurée sur les papier des deux stations par la longueur des lignes correspondantes, n'es

pas la même en général, et que les variations ont lieu sans aucune régularité. Ainsi un même signal qui paraîtra à Boston avoir duré 0ˢ,25 pourra manifester à New-York une durée comprise entre 0ˢ,30 et 0ˢ,20 sans que l'on puisse apprécier la cause de semblables variations.

La moyenne des 51 signaux précédents donne un petit excès pour la longueur des lignes à la station d'où les signaux sont envoyés, cet excès est égal à 0ˢ,007, mais cette moyenne n'a aucune signification précise.

Ces résultats démontrent qu'il existe dans le mode même de l'impression des signaux, au moyen du télégraphe de Bain, des causes d'irrégularité notables et qui paraissent très-grandes lorsqu'on les compare aux quantités très-petites que l'on veut déterminer.

En effet, en admettant la vitesse de propagation trouvée par MM. Fizeau et Gounelle, on peut calculer le retard qui devait en résulter dans la transmission des signaux sur la ligne de Boston à New-York, et en supposant qu'il n'y ait aucune autre cause de retard, on trouve la fraction 0ˢ,0034. Or, avec les différences accidentelles que présente la durée des signaux correspondants, différences qui sont comprises entre + et — 0ˢ,05, il paraît impossible que l'on puisse apprécier un retard relatif aussi petit. Il est même bien difficile d'admettre que l'on ait pu déterminer avec quelque probabilité le retard bien plus considérable trouvé par l'auteur, mais qui ne s'élève encore qu'à 0ˢ,0154; car les observations partielles, qui sont toutes données par l'auteur, présentent des discordances considérables. Sur 10 observations même, la valeur est négative et exprimée entre 0ˢ,03 et 0, c'est-à-dire que le signal serait arrivé à la seconde station avant d'avoir été produit à la première. Sur 21, la valeur est nulle, c'est-à-dire que les signaux se seraient produits exactement en même temps aux deux stations.

En présence d'écarts aussi considérables, on peut affirmer que l'exactitude des moyens de mesure était tout à fait insuffisante, ou que les causes d'erreurs accidentelles étaient beaucoup trop grandes relativement à la petite quantité qu'il s'agissait de déterminer.

On a vu plus haut que le retard dans l'impression des signaux, dû aux circonstances mêmes de leur production, pouvait devenir une cause d'erreur constante par suite de l'inégale intensité du courant dans les deux appareils; il n'est pas possible de décider si cette cause

a réellement exercé son action dans les expériences en question ; mais cela est probable, car il n'est dit nulle part dans le mémoire que l'on ait cherché à rendre le courant d'une égale intensité dans l'un et l'autre appareil, et même les expériences faites pour comparer les longueurs des signaux imprimés aux deux stations doivent faire croire que cette précaution n'a pas été prise.

La détermination faite par l'auteur est donc en elle-même très-incertaine; elle ne doit être considérée que comme une valeur peu précise de la durée de la transmission des signaux, et nullement comme une mesure de la vitesse avec laquelle des courants se propagent. Il reste à faire une dernière remarque relative à la manière singulière dont l'auteur considère la propagation de l'électricité. Entre Boston et New-York, le fil télégraphique a une longueur de 220 milles; or, l'auteur donne pour la vitesse de propagation le rapport $187/0^s,0154$, il admet donc que l'électricité parvient à la station la plus éloignée à travers le sol et non en suivant le fil métallique. Cette interprétation est contraire non-seulement à la théorie que l'on donne généralement des effets de la pile, mais encore à tous les faits qui ont pu être observés récemment.

Toutes les fois que l'on établit une communication avec la terre, celle-ci se comporte, suivant une expression ancienne, comme un *réservoir immense*, dans lequel des quantités considérables de l'une ou l'autre électricité peuvent se rendre sans donner lieu à aucune tension sensible.

C'est donc adopter une hypothèse inadmissible que de supposer que l'électricité a dû parvenir à la station la plus éloignée en traversant le sol, parce que la distance à parcourir par le sol était plus courte que la distance à parcourir en suivant le fil.

Dans ses autres mémoires, l'auteur a également pris les distances par la terre au lieu de les prendre par les fils. L'erreur qui en résulte dans le calcul de la vitesse n'est pas très-considérable parce que les deux distances n'étaient pas généralement très-différentes. Ainsi au lieu de 16000, on trouve 19500 ; au lieu de 12000, 14300.

Expériences de M. Mitchel. — Le travail de M. Mitchel est postérieur aux premiers mémoires de M. Walker et antérieur au dernier. Il a cherché à perfectionner les moyens d'observations et à éviter plusieurs causes d'erreurs auxquelles il attribue une grande influence dans les résultats. Il considère les phénomènes observés par M. Walker

comme indépendants de la vitesse de l'électricité et comme pouvant être expliqués par des inégalités d'intensité que le courant devrait éprouver par suite de l'isolement imparfait des fils.

Voici la méthode de M. Mitchel. Les signaux sont produits au moyen d'électro-aimants, comme dans le télégraphe de Morse ; mais, au lieu d'un papier, l'auteur emploie un disque de métal tournant avec une vitesse uniforme, et c'est sur ce disque que tombe la pointe d'acier mise en mouvement par l'électro-aimant. Il se produit ainsi des points très-nets dont les distances peuvent être mesurées avec une grande précision. Le disque en communication avec le pendule de l'horloge astronomique de l'Observatoire faisait une révolution par minute ; on pouvait mesurer des distances correspondantes à un centième de seconde, et à un millième par l'estime. Au lieu de placer deux appareils aux extrémités du fil télégraphique, tout était réuni dans une seule station qui était l'observatoire de Cincinnati. De ce point à Pittsburgh, éloigné de 302, 5 milles, il existe deux fils télégraphiques qui, étant réunis à Pittsburgh, présentaient un circuit de 605 milles, dont les deux extrémités aboutissaient à la station où se trouvaient les appareils.

Les appareils se composaient de deux électro-aimants dont les armatures portaient des pointes destinées à graver les signaux sur le disque : chacun de ces électro-aimants était animé par une pile spéciale. Il y avait en outre un troisième électro-aimant animé par la pile principale dont le courant était destiné à parcourir le fil télégraphique : cette pile était en communication avec la terre par son pôle zinc ; le pôle platine était en communication avec une des extrémités du fil ; l'autre extrémité du fil aboutissait à la terre.

Voici les résultats obtenus.

1° Lorsqu'un électro-aimant était placé dans le circuit, soit près de la pile, soit à l'extrémité du fil aboutissant à la terre, soit même au milieu du fil, pour que le circuit fût fermé en un point voisin de l'électro-aimant, il s'écoulait toujours le même temps entre le moment où le circuit était fermé et le moment où la pointe frappait le disque. Mais ce temps n'était plus le même lorsque le long circuit étant supprimé, le courant n'avait plus à parcourir qu'un fil de quelques mètres. La pointe frappait alors le disque un peu plus tôt, et les marques étaient en avance sur celles qui avaient été produites avec le long circuit de la fraction de seconde $0^s,0213$. Il n'est pas certain, mais il est pro-

bable que le courant était réglé de manière à présenter la même intensité dans toutes ces circonstances. Il faut dire que les indications d'un même électro-aimant placé dans différents points du circuit ne peuvent pas être considérées comme comparables, à cause des pertes considérables qui avaient lieu sur un fil d'une aussi grande longueur. L'auteur avoue, en effet, que l'on était obligé d'ajuster l'électro-aimant pour chaque position particulière : cela se faisait en augmentant ou en diminuant la tension du ressort qui maintenait l'armature éloignée du corps de l'électro-aimant.

De tels changements dans l'ajustement devaient exercer une grande influence sur le temps que l'armature emploie à se mouvoir et à imprimer le signal. Il s'ensuit que toutes les expériences dans lesquelles on a été obligé d'avoir recours à cet artifice n'offrent que des résultats incertains.

Mais, en supposant même que le résultat que je viens de citer soit parfaitement établi, il est difficile de comprendre comment l'auteur a pu dire que l'on pouvait en conclure la vitesse de propagation de l'électricité. Il faudrait admettre avec lui l'étrange théorie de *deux fluides animant au même instant tous les électro-aimants placés dans le circuit, mais seulement après que la circulation complète a été effectuée* (the theory of two fluide operating all magnets, on the circuit at the same instant after complete circulation is effected).

A ce point de vue l'auteur prend la fraction $0^s,0213$, qui représente le retard dû au long circuit, comme donnant le temps nécessaire à la circulation complète. Pour la longueur du circuit il prend 607 milles. Ce nombre comprend le double fil de 302, 5 milles = 605, plus un mille de fil, la pile étant placée dans un poste situé à cette distance, plus un mille à travers la terre, c'est la distance qui séparait les deux communications avec la terre.

Le rapport $607/0^s,0213 = 28524$ milles : tel est le nombre que l'auteur donne pour vitesse par seconde de l'onde électrique (galvanic wave).

Si la manière dont l'auteur considère la propagation électrique est inadmissible, le fait sur lequel il s'appuie paraît certain. Un électro-aimant étant placé dans un circuit d'une grande longueur exige, pour entrer en action, plus de temps que lorsqu'il est placé dans un court circuit. Ce phénomène peut s'expliquer avec assez de probabilité par l'influence du courant d'induction qui se développe dans le fil de l'élec-

tro-aimant, au moment de la fermeture du circuit : ce courant est en sens contraire du courant principal, et tend par conséquent à le troubler et à l'affaiblir ; or, il est assez probable que celui-ci ne prend tout son développement que lorsque cette cause de trouble a totalement cessé : cela doit avoir lieu d'autant plus tard que le circuit présente une plus grande longueur, parce que la propagation n'est pas instantanée.

2° En variant ses expériences, l'auteur a observé d'autres phénomènes qui dépendent directement de la vitesse de propagation et dont la signification n'a pu lui échapper que par suite des idées théoriques inexactes qu'il avait adoptées. Ainsi, lorsqu'au lieu de fermer le circuit dans un point du fil voisin de l'électro-aimant, on le fermait dans un point qui en était très-éloigné, on observait généralement que l'électro-aimant entrait en action plus tard.

Les résultats numériques cités dans le mémoire établissent ce fait d'une manière certaine. L'auteur en donne une explication fondée sur l'inégale intensité que le courant possède dans les différents points du circuit par suite de l'imparfait isolement des fils. Cette explication est certainement inexacte, insuffisante ; plusieurs des phénomènes observés y échappent complétement. Dans les expériences faites sur les télégraphes français, MM. Fizeau et Gounelle avaient pu prendre une connaissance exacte de la manière dont le défaut d'isolement des fils influe sur l'intensité du courant dans les différents points du circuit ; la disposition des fils et les communications avec la terre étaient assez semblables dans leurs expériences et dans celles de M. Mitchel pour qu'il soit permis de conclure des unes aux autres : or, dans les circonstances suivantes, qui sont très-clairement spécifiées dans le mémoire, on peut affirmer que l'influence de l'affaiblissement du courant était tout à fait nulle et que les phénomènes observés doivent être rapportés à une autre cause.

Soient A et B les extrémités des deux fils du télégraphe réunis à la station de Pittsburgh et formant un seul circuit. Ces deux extrémités aboutissent à la station de Cincinnati ; A est supposé en communication avec le fil venant du pôle platine de la pile, le pôle zinc est en rapport avec la terre ; B est supposé en communication avec un fil allant à la terre. Dans cette disposition on peut affirmer que le courant est plus intense en A qu'en B, parce qu'en A passe la totalité du courant, lequel a subi des pertes en parcourant tout le circuit imparfai-

tement isolé. Si l'on vient à rompre le circuit en A ou en B, *on rend dans l'un et l'autre cas le courant nul en* B. Il n'en serait pas de même pour le point A, car en rompant le circuit en B, il passerait encore en A toute la partie du courant qui pourrait s'écouler par les supports dans toute la longueur du fil. Ce courant accidentel, qui s'observe sur toutes les lignes télégraphiques, est d'autant plus fort que la ligne est plus longue et que le temps est plus humide. Sur une ligne de quarante lieues, de Paris à Amiens, ce courant est quelquefois la moitié et même les trois quarts du courant principal qui se produit lorsque le circuit est fermé. Le double fil de Cincinnati à Pittsburgh avait près de deux cent cinquante lieues; le courant accidentel devait donc être peu inférieur au courant principal. Si donc on place l'électro-aimant en B, il ne sera traversé par aucune partie du courant, soit que le circuit soit rompu près de B ou à une grande distance de A; et si l'on ferme le circuit dans l'un ou l'autre de ces points, le courant qui traversera l'électro-aimant sera le même. Mais dans un cas l'électricité n'aura aucun espace à parcourir pour parvenir à l'électro-aimant; dans l'autre cas elle doit parcourir toute la longueur du fil ou 605 milles : or, avec la vitesse de propagation trouvée par MM. Fizeau et Gounelle, cet espace sera parcouru en $0^s,0096$ de seconde. Dans le dernier cas, l'électro-aimant sera donc animé plus tard et ses indications devront être retardées de cette même fraction $0^s,0096$.

Il résulte des recherches citées par M. Mitchel que, dans ses expériences, ce retard était de $0^s,0104$.

La différence entre ces deux nombres est $0^s,0008$ ou inférieure à 1/1000 de seconde, et l'on a vu que dans ces mesures les millièmes n'étaient donnés que par l'estime.

Parmi les expériences rapportées dans le mémoire il n'y en a malheureusement qu'un petit nombre qui aient été faites dans les circonstances qu'on vient de citer. Un examen attentif des circonstances dans lesquelles ces résultats ont été obtenus ne permet pas de les rapporter à une autre cause qu'au temps de la propagation du courant, et l'on voit que l'on pourrait de cette manière en déterminer la vitesse avec précision.

Il semble donc qu'on doive conclure de ce qui précède que la vitesse de l'électricité n'a pas la valeur que M. Mitchel lui attribue, 28500 milles; et que M. Walker n'a obtenu le nombre qu'il donne qu'en interprétant ses expériences au moyen d'une théorie que l'on

ne saurait admettre, tandis que ces expériences interprétées au moyen de la théorie généralement admise ne sont nullement en contradiction avec la détermination de MM. Fizeau et Gounelle, elles en offrent même une confirmation remarquable.

En effet, ces messieurs ont déduit de leurs recherches, pour la valeur de la vitesse, le nombre 100,000 kilomètres : celles de M. Mitchel conduisent au nombre 94,000 ; et la nature des procédés de mesure fait supposer que l'erreur de ce dernier nombre peut s'élever à 1/10 de sa valeur.

Il est donc démontré que la vitesse de propagation de l'électricité est énorme. D'après les expériences de M. Wheatstone, la vitesse de l'électricité de tension serait de 460,000 kilomètres par seconde; une fois et demie plus grande que celle de la lumière; l'électricité conduite par un fil de cuivre ferait de sept à huit fois le tour du monde en une seconde. D'après les expériences de MM. Fizeau et Gounelle, la vitesse de propagation de l'électricité dynamique ou d'un courant galvanique conduit par le même fil de cuivre ne serait que de 180,000 kilomètres, les trois cinquièmes de la vitesse de la lumière; le courant ne ferait plus que deux fois le tour du monde en une seconde. Il est prouvé dans tous les cas que les signaux de la télégraphie électrique sont transmis avec une rapidité que la pensée ne peut pas atteindre; sous ce rapport la démonstration est entière et ne laisse absolument rien à désirer.

Arrivons donc à la seconde question, plus grave encore que la première. Est-il prouvé *à priori* qu'on pourra faire parcourir au courant un circuit quelque immense qu'il soit? Une résistance quelconque étant donnée, pourra-t-on toujours la vaincre économiquement en disposant convenablement la source d'électricité? Admettons, par exemple, que l'électricité doive parcourir un fil de deux millimètres de diamètre et de deux cents lieues de longueur; s'est-on assuré *à priori* qu'on pourra créer sans des frais trop énormes l'appareil producteur du courant direct ou d'induction par lequel cette résistance pourra être vaincue? Peut-on assigner d'avance les dispositions par lesquelles on sera assuré du succès?

Ces problèmes que la découverte de la télégraphie électrique amena à poser ont été l'objet d'un nouveau mémoire de M. Wheatstone, mémoire qui résume admirablement tout ce qui avait été fait précédemment, qui recule beaucoup les limites de la science, et qui, par cette double

raison, a été reçu avec une sorte d'enthousiasme : je vais en extraire tout ce qu'il renferme d'essentiel. Mais comme plusieurs physiciens, MM. Fechner et Pouillet, ont concouru, chacun de leur côté, à démontrer les lois remarquables, formulées d'abord par Ohm, qui, dans la propagation des courants électriques, lient la puissance à la résistance, et qu'il importe que leurs droits respectifs soient bien établis, nous examinerons avant tout, mais très-rapidement, la question de priorité.

---

## CHAPITRE II.

### Lois de la propagation du fluide électrique. — Rapports entre la puissance et la résistance.

La note suivante de M. Pouillet pose très-nettement la question historique et rend le jugement facile à prononcer.

*Histoire de la découverte des lois relatives à la propagation du fluide électrique*, par M. POUILLET.

« Depuis que nous nous sommes occupés de la théorie de la pile, MM. Ohm, Fechner et *moi*, dit M. Pouillet, la science a acquis deux idées fondamentales et distinctes qui sont devenues le principe d'une foule de déductions importantes.

» La première est celle-ci : une source électrique étant donnée, l'intensité du courant qu'elle produit, dans un circuit simple, peut se déduire des éléments constitutifs de la source et du circuit.

» La seconde peut être énoncée de la manière suivante : lorsqu'un conducteur simple est remplacé dans un circuit par des conducteurs multiples, l'intensité du courant dans chacun de ces conducteurs multiples peut se déduire de leurs éléments constitutifs et de leur intensité primitive.

» Qu'il me soit permis de le dire dès l'abord, sans rien préjuger sur les découvertes de M. Ohm et de M. Fechner, et sans y mêler pour moi aucun sentiment d'amour-propre, mais seulement parce que cela est juste et vrai ; qu'il me soit permis de le dire, ces deux idées, je les

ai eues et je les ai démontrées. Ce qui n'est ici de ma part qu'une simple affirmation se trouvera, je l'espère, justifié de la manière la plus complète par l'examen que je vais faire de la question de priorité, et de la question de savoir si mes recherches sur ce point sont venues en temps utile pour rendre quelque service à la science.

» Les deux idées dont il s'agit se trouvent, *sous une certaine forme abstraite et hypothétique*, dans l'ouvrage que M. Ohm a publié à Berlin en 1827. Je ne sache pas que, dans ce temps-là, cet ouvrage ait été connu en France autrement que par deux extraits fort courts donnés dans le *Bulletin de Férussac*, l'un vers le milieu de 1828, t. IX, p. 260, l'autre vers la fin de 1829, t. XII, p. 244. Avant la publication de ces extraits, au mois de mars 1828, paraissait le second volume de ma première édition, dans lequel se trouve décrite la boussole des tangentes, dans lequel je cite les expériences que j'ai faites; dans lequel enfin, contrairement à toutes les opinions déjà reçues à cette époque, j'exprime nettement l'idée que, pour comparer les intensités des courants, il faut tenir compte de la résistance de la pile; je l'exprime comme un résultat direct de l'expérience et en indiquant comment cette résistance se détermine expérimentalement, tome I, 2e partie, p. 755, mars 1828.

» Sur ce premier point, quelle est donc la situation de M. Ohm et quelle est la mienne? M. Ohm, sous ce rapport, a la priorité : il a incontestablement publié en 1827 l'idée qu'il fallait tenir compte de la résistance de la pile comme des autres résistances du circuit; mais, d'une part, *il n'a fait aucune analyse de ces résistances, il n'a pas séparé celle qui appartient à la pile elle-même de celle qui appartient aux autres conducteurs, enfin il n'a pas donné le moyen d'en découvrir la valeur;* et, d'*autre part, il n'a donné de la justesse de sa pensée qu'une démonstration mathématique, fondée sur des considérations d'électricité statique qui, aujourd'hui encore, auraient elles-mêmes besoin de démonstration.* M. Ohm, en un mot, a donné cette loi, non pas comme conséquence de principes avoués et reconnus, mais comme conséquence d'une pure hypothèse; il restait donc deux choses à faire : ou à prouver indirectement par l'expérience l'exactitude des résultats, ce que M. Ohm avait essayé de faire, *mais ce qu'il n'avait pas fait;* ou à prouver directement la rigueur de l'hypothèse, et à justifier l'usage mathématique qui en était fait, soit

dans l'établissement des équations différentielles, soit dans la détermination des constantes, ce qu'à ma connaissance aucun mathématicien n'a fait jusqu'à ce jour.

» Il est vrai que mon ouvrage vient huit ou dix mois après celui de M. Ohm; mais j'ai peut-être l'avantage sur lui d'avoir suivi une voie moins savante, d'avoir été guidé par l'expérience et d'avoir démontré le principe d'une manière directe et incontestable, en même temps que je le découvrais.

» Je prie cependant les physiciens de remarquer la réserve avec laquelle je m'exprimais en 1828; je dois ici leur en dire la raison : c'est que j'avais pendant près de cinq ans fait d'innombrables expériences sur ce sujet avec des piles de toute espèce, en variant les liquides excitateurs de toutes les façons, et il m'avait été impossible, absolument impossible de trouver une pile, grande ou petite, forte ou faible, dont la résistance fût tolérablement constante; dans les cas les plus tolérables, elle l'était à peu près, mais non pas avec rigueur : c'est pourquoi j'avais renoncé à communiquer à l'Académie des résultats incertains; mais, en imprimant mon ouvrage, j'avais voulu constater le principe. Je crois, à cet égard, que mes recherches ont ajouté quelque chose à celles de M. Ohm, et qu'elles sont venues en temps utile pour être accueillies avec quelque bienveillance, et pour contribuer d'une manière efficace aux progrès de la question, non-seulement en France, mais aussi à l'étranger, et même en Allemagne.

» Examinons maintenant ce qui a rapport aux courants multiples ou courants dérivés. Ici, M. Ohm a encore le même genre de priorité, priorité d'initiative et non pas de solution définitive; c'est lui qui a été le premier à poser la question, et, sans savoir qu'il l'eût posée, j'ai été le premier à la résoudre.

» Les luttes scientifiques ne sont jamais des luttes en champ clos, même quand elles semblent circonscrites à une seule et unique question. Deux émules, à l'insu l'un de l'autre, se proposent le même but, mais ils ne partent pas du même point et ils ne suivent pas la même route. Et ici, assurément, M. Ohm et moi, nous étions dans les voies les plus différentes, les plus opposées. Il avait montré le but d'une manière vague par le calcul; je l'ai vu, de mon côté, d'une manière nette, et je l'ai touché par l'expérience.

» Il est vrai que M. Ohm a publié un ouvrage en 1827, et que

c'est seulement quatre ans après, c'est-à-dire le 30 octobre 1831, que j'ai présenté à l'Académie le mémoire dans lequel j'établis les formules des courants dérivés et leurs comparaisons avec des expériences très-nombreuses et très-précises; mais, grâce à Dieu, jusqu'à présent, après avoir fait le parallèle des deux méthodes, personne ne m'a accusé d'avoir puisé des idées ou même des inspirations dans l'ouvrage de M. Ohm.

» Toute la question se réduit donc à ceci : les physiciens pouvaient-ils, devaient-ils accepter les démonstrations mathématiques de M. Ohm comme étant la représentation fidèle et nécessaire des faits et des expériences ?

» Je me dispense, quant à présent, de discuter au fond cette question; je me borne à dire que, pour ceux qui la résoudront affirmativement, mon travail était inutile; mais que pour ceux qui la résoudront négativement, mon travail faisait faire un pas important à la science.

» C'est ici le lieu de dire un mot du travail de M. Fechner, qui date aussi de 1831, et que je ne connais, je l'avouerai, que par l'extrait qu'en donne le *Bulletin de Férussac*, t. XV, p. 279, mai 1831. J'y trouve un passage ainsi conçu :

« 3° Confirmation de la loi trouvée par MM. Ohm et Pouillet, que la force de la chaîne diminue avec la longueur du fil de jonction, et preuve directe que le courant se partage entre les fils qui forment une chaîne en proportion de leur pouvoir conducteur. »

» La dernière partie de ce passage me fait supposer que M. Fechner s'est occupé des courants dérivés : cependant je suis porté à croire qu'après son travail, mon mémoire de 1831 conserve toute sa valeur; car M. Poggendorff, qui n'avait pas eu connaissance de ce mémoire, dit, en 1841, t. LIV, p. 173, en parlant de mon mémoire de 1837, qu'ici j'ai le premier donné les formules des courants dérivés, et que le premier je les ai comparées avec l'expérience.

» Enfin, j'arrive en 1837, et au mémoire que j'ai alors présenté à l'Académie sur les lois de l'identité des piles et des courants hydro-électriques. Tous les principes ayant été discutés dans ce qui précède, je n'ai plus à établir de comparaison qu'entre les travaux de M. Fechner et les miens.

» Je confesse tout d'abord mon embarras : comme je le disais tout à l'heure, je ne connais les recherches de M. Fechner que par un

extrait qui me semble peu propre à en donner une idée complète. Voici cependant quelques principes qui me permettront de m'expliquer à ce sujet.

» En 1831, on ne connaissait pas les piles à courants constants ; M. Fechner était sans doute condamné à se servir de piles à forces variables, comme j'avais moi-même été condamné à le faire pendant tout le cours de deux premières recherches. Or, je n'hésite pas à dire qu'avant la découverte des piles à courants constants il était impossible d'établir, je ne dirai pas d'une manière rigoureuse, mais seulement d'une manière satisfaisante, les lois de l'intensité des courants électriques. Je n'hésite pas à dire que, même aujourd'hui, lorsque ces lois sont établies et constatées, lorsqu'il ne peut plus rester aucun doute sur leur parfaite exactitude, lorsque les moyens d'observation sont devenus plus variés et plus parfaits, il serait impossible à un physicien de les reconnaître et de les vérifier sur des piles à force variable dont M. Fechner et moi avons pu faire usage jusqu'en 1831.

» Plusieurs causes concourent sans doute à produire les irrégularités considérables qui se manifestent dans ces appareils, surtout lorsque la conductibilité des circuits éprouve de grandes variations ; mais, parmi ces causes, l'une des plus puissantes est, je crois, celle-ci : quand l'action chimique s'exerce sans que les communications soient établies entre les pôles, l'électricité qui constitue le courant n'est qu'une portion de celle qui s'est développée, et si les communications deviennent plus ou moins conductrices non-seulement l'action chimique change d'intensité, mais la portion d'électricité produite qui constitue le courant change elle-même suivant des rapports complexes dont, jusqu'à présent, l'on n'a pas fait l'analyse. Je n'admets donc pas que la théorie que j'ai donnée pour les courants thermo-électriques et pour les courants hydro-électriques des piles à force constante s'applique sans modifications aux anciennes piles et à celles qui leur ressemblent.

» Est-ce à dire pour cela que l'ouvrage de M. Fechner doive être regardé comme sans valeur et sans mérite, comme non avenu pour la science? Dieu me garde de faire une telle critique et de porter un tel jugement sur un physicien qui a travaillé avec tant de zèle et qui a servi la science comme il était possible de la servir à cette époque. J'ai fait trop d'expériences de cette nature, je sais trop les soins et la persévérance qu'elles exigent pour ne pas rendre à M. Fechner tous

les hommages qui lui sont dus. Je n'ai rien publié de mes travaux, je me suis obstiné à vouloir plus de rigueur ; mais M. Fechner a rendu un véritable service en publiant ce qu'il trouvait et comme il le trouvait. J'admets qu'il a fait tout ce qu'il était possible de faire avec les piles dont on pouvait alors disposer.

» Maintenant, voici la question qui s'élève entre M. Fechner et moi. Les physiciens qui estiment qu'après les recherches de M. Fechner il ne restait plus rien à faire sur les lois d'intensité des piles et des courants hydro-électriques jugeront que mon travail de 1837 était inutile ; ceux qui, au contraire, estiment que son ouvrage, quelque recommandable qu'il fût, laissait beaucoup à faire, jugeront que mon mémoire de 1837 méritait d'être accueilli avec bienveillance. Mais les uns et les autres seront du moins d'accord sur ce point que, même en 1837, je n'ai rien pu emprunter, ni aux principes, ni aux méthodes, ni aux résultats de M. Fechner. »

Les affirmations de M. Pouillet sont si hardies et si nettes, que beaucoup de personnes admettent comme un fait incontestable que l'illustre Ohm n'a pas démontré par l'expérience la vérité de ses fameuses lois. Moi-même, dans ma première édition, je partageai cette opinion, qui a profondément étonné et contristé les physiciens allemands. Dans un voyage que je fis à Berlin, M. Poggendorff me témoigna à cet égard sa grande surprise, et il me promit de m'adresser une note dans laquelle il rétablirait clairement les droits de son savant compatriote. En l'absence de cette note, qui ne m'est pas parvenue, j'emprunte à un article inséré par le docteur W. Beetz dans le second volume des *Fortschritte der physik*, quelques citations qui suffisent pour faire disparaître jusqu'à l'ombre du doute.

1° Quiconque lira attentivement le mémoire publié par Ohm, sous ce titre *Die Galvanische Kette*, *La Pile galvanique*, restera convaincu, contrairement aux affirmations de M. Pouillet, que le physicien allemand a complétement analysé les résistances du circuit, soit celles qui appartiennent à la pile elle-même, soit celles qui proviennent des conducteurs.

2° Il n'est pas moins certain que Ohm ne s'est pas *contenté de donner de sa pensée une démonstration mathématique ;* qu'il n'a pas donné ses lois comme *conséquence d'une pure hypothèse ;* mais qu'il les a démontrées réellement par des expériences directes faites en 1825 avec la pile thermo-électrique à effets constants.

Dans son éloge de Seebeck, publié en 1839, M. Poggendorff remarquait précisément que la grande découverte de la thermo-électricité avait eu pour premier résultat capital de fournir à M. Ohm le moyen facile de prouver par l'expérience ses immortelles lois.

3° Dans son célèbre travail intitulé *Maas Bestimmungen*, M. Fechner a pris pour point de départ non les principes et les méthodes de M. Pouillet, comme celui-ci le prétend, mais bien les recherches de Ohm, comme on s'en convaincra en parcourant une seule des pages de ce mémoire. Jamais M. Poggendorff n'a pu même penser à affirmer le contraire ; il a dit simplement que M. Pouillet, à sa connaissance, avait considéré le premier le cas général de l'inégalité des circuits partiels.

Voilà la vérité : qu'en résulte-t-il? Que la gloire de la découverte des rapports de la puissance à la résistance dans la propagation des courants électriques appartient tout entière à M. Ohm, et que M. Pouillet ne peut revendiquer que ses vérifications expérimentales.

Il ne sera pas inutile d'opposer encore à l'historique de M. Pouillet le jugement de M. de la Rive, *Archives de l'Électricité*, tom. V, pag. 449. « Et puisque nous faisons une réserve, nous en profiterons pour protester hautement contre la tendance illogique qui règne dans le livre de Ohm, et dans d'autres productions des premiers savants de l'Allemagne, tendance qui consiste à présenter les résultats des recherches instrumentales comme la conséquence de certaines lois qu'on énonce en prémisses et *à priori;* au lieu de montrer, conformément à la vérité historique, que ces lois découlent au contraire des expériences qu'on a faites dans un but plus ou moins déterminé, et d'avouer qu'elles sont entachées de toutes les incertitudes et de toutes les irrégularités qui peuvent être inhérentes, dans l'état actuel de la science expérimentale, aux procédés d'observation qu'on a choisis. » M. Pouillet veut donc que M. Ohm, loin d'avoir déduit ses lois de l'expérience, les ait déduites exclusivement d'hypothèses théoriques. M. de la Rive veut, au contraire, que la théorie n'ait rien fait pressentir, et que l'expérience seule ait tout établi. La vérité incontestable est que Ohm est arrivé à ses magnifiques lois et par des considérations théoriques et par des expériences concluantes.

On ne nous en voudra pas de ces rectifications qui étaient pour nous un devoir de conscience : l'impartialité est la condition vitale de la critique scientifique.

Avant d'arriver à l'analyse du mémoire capital de M. Wheatstone, rappelons rapidement les faits principaux de la propagation de l'électricité par les fils conducteurs.

1° Quelque grande que soit la vitesse avec laquelle l'électricité se propage, l'intensité du courant est la même en tous les points du circuit, en le supposant parfaitement isolé : qu'on place un galvanomètre près ou à une distance énorme de la pile, son aiguille déviera de la même quantité.

2° Cela n'empêche pas que la nature et la longueur du circuit influent considérablement sur l'intensité du courant. On constate tous les jours sur les chemins de fer que l'intensité du courant diminue quand la longueur du circuit augmente, ou quand, sa longueur restant la même, son diamètre diminue, et enfin que cette intensité varie avec la nature du fil conducteur qu'on emploie. En un mot, la résistance opposée par le fil conducteur au passage du courant est d'autant plus grande qu'il est plus long et plus fin, et de plus la conductibilité ou la facilité de transmission varie d'une substance à l'autre : cette conductibilité est 5,8 pour le palladium; 5,1 pour l'argent; 4 pour l'or; 3,8 pour le cuivre; 0,8 pour le platine; 0,7 pour le fer; 1 pour le mercure. Mais il est toujours vrai, que quel que soit le degré d'affaiblissement de l'intensité du courant, cette intensité dans tous les cas sera toujours la même en tous les points du circuit parfaitement isolé. Ajoutons que la conductibilité des métaux est notablement modifiée par la température : dans le passage de 0 à 100 degrés, la conductibilité du fer diminue dans le rapport de 12 à 8, celle du cuivre dans le rapport de 91 à 64. La conductibilité des liquides, aussi, est très-différente de celle des métaux : la solution saturée de sulfate de cuivre, un des liquides les plus conducteurs, n'est que la seize-millionième partie de la conductibilité du cuivre; le mélange d'un volume d'acide sulfurique avec dix volumes d'eau, le meilleur conducteur connu de tous les liquides, conduit un million de fois moins que le cuivre : la conductibilité des liquides augmente avec la température, au lieu de diminuer.

3° L'expérience prouve encore que, si l'on emploie pour former le circuit un fil métallique très-court, assez gros et très-bon conducteur, l'intensité du courant restera la même quel que soit le nombre de couples employés ou quel que soit le nombre des éléments de la pile : la déviation de l'aiguille du galvanomètre sera la même avec

un seul, et avec cent éléments. Mais pour un même nombre d'éléments, l'intensité diminue à mesure que la résistance du circuit augmente; et pour obtenir la même intensité quand le circuit devient plus long, il faut nécessairement augmenter le nombre des éléments: c'est ce que l'on fait tous les jours sur les lignes de télégraphie électrique. Voilà les principaux faits, voyons comme ils sont admirablement enchaînés et fécondés par les lois de Ohm.

## *Détermination des constantes des circuits voltaïques, par* M. WHEATSTONE.

L'objet principal que s'est proposé le savant physicien a été de déterminer les conditions les plus avantageuses à la production d'effets électriques à travers des circuits d'une grande étendue, afin de constater au point de vue pratique la possibilité de transmettre des signaux télégraphiques, au moyen de courants électriques, à des distances beaucoup plus considérables qu'on ne l'avait tenté jusqu'alors. Guidé par la théorie de Ohm, il a complétement réussi dans sa grande entreprise; mais l'usage des lois qu'il a démontrées, des instruments qu'il a créés, n'est pas limité à ce but principal; ils seront d'un grand secours dans toutes les recherches relatives aux courants électriques. L'électricité est une source énergique de lumière, de chaleur, d'action chimique, de puissance mécanique; il suffira de connaître les conditions dans lesquelles ces divers effets peuvent se manifester le plus économiquement et le plus énergiquement possible, pour être en état de juger si les hautes espérances conçues et exprimées sur plusieurs points au sujet de ces applications sont fondées sur des prévisions ou raisonnables sur de fausses conjectures; la théorie en possession de laquelle nous sommes déjà entrés suffit amplement à nous diriger sûrement dans ces délicates recherches.

Dans ce qui suit je laisserai parler M. Wheatstone.

« LOIS DE OHM. — Les instruments et les procédés que je vais décrire étant tous fondés sur les principes établis par Ohm, dans sa théorie du circuit voltaïque, et cette belle et féconde théorie n'étant point encore généralement comprise et admise même de plusieurs personnes se livrant elles-mêmes à des recherches originales, j'oserais à peine espérer d'être suivi dans les descriptions et explications que je vais donner, si je ne les faisais précéder d'un exposé succinct

des principaux résultats qui en ont été déduits. On apercevra bien vite combien les idées claires de forces et de résistances électro-motrices, substituées aux notions vagues d'intensité et de quantité, qui ont si longtemps prévalu, nous mettent en état de donner des explications satisfaisantes de phénomènes très-importants, dont les lois ont jusqu'à présent été enveloppées d'obscurité et de doute. A considérer les lois du circuit voltaïque du point de vue où nous ont placés les travaux de Ohm, il existe à peine une seule branche des sciences expérimentales dans laquelle des phénomènes aussi nombreux et aussi variés soient exprimés par des formules d'une telle simplicité et d'une aussi grande généralité. Dans la plupart des sciences physiques, les faits d'observation et d'expérience ont marché d'un pas égal avec les principes généralisateurs de la théorie; seule, la science de l'électricité les avait accumulés dans une prolifique abondance sans qu'aucune tentative heureuse eût été faite pour les exprimer mathématiquement. Mais ce progrès est maintenant heureusement effectué, et ce qui n'a été jusqu'à présent qu'une simple matière à des conjectures spéculatives se trouve transporté dans le domaine de la philosophie positive.

Par *force électro-motrice*, on entend la cause qui, dans un circuit, donne naissance, lorsqu'il est fermé, à un courant électrique, et, lorsqu'il ne l'est pas, à une tension *électroscopique*. Par *résistance*, on veut indiquer l'obstacle opposé au passage du courant électrique par les corps qu'il a à traverser; ce mot signifie l'inverse de ce qu'on appelle ordinairement leur pouvoir conducteur.

Lorsque la vitesse, dans une portion quelconque du circuit, est accrue ou diminuée, soit en faisant varier la force électro-motrice, soit par un changement dans la résistance de cette portion, la vitesse, dans toutes les autres parties du circuit, augmente ou diminue dans un degré correspondant; de sorte que, dans le même temps donné, la même quantité d'électricité passe toujours par chaque section transversale du circuit.

La force du courant est directement proportionnelle à la somme des forces électro-motrices qui sont en activité dans le circuit, et inversement proportionnelle à la résistanco totale de toutes ses parties : en d'autres termes, la force du courant est égale à la somme des forces électro-motrices divisées par la somme des résistances. En représentant par F la force du courant, par E les forces électro-motrices, et par R les résistances, on aura

$$F = \frac{E}{R}.$$

La longueur d'un fil de cuivre d'une épaisseur donnée, dont la résistance égale la somme des résistances d'un circuit, est ce que Ohm appelle *sa longueur réduite ;* cette expression est d'un usage fort commode.

Si l'on augmente ou diminue proportionnellement les forces électro-motrices et la résistance d'un circuit, la force du courant demeure la même ; on a en effet

$$\frac{E}{R} = \frac{nE}{nR} = F.$$

D'où il suit qu'un seul élément voltaïque ou une pile composée d'un nombre quelconque d'élements exactement semblables produit le même effet, pourvu que l'on n'interpose dans le circuit aucune résistance additionnelle. De même un élément thermo-électrique et un élément voltaïque produiront le même effet si la grande infériorité de force électro-motrice du premier est compensée par une diminution correspondante dans sa résistance. Dans un appareil thermo-électrique, la résistance est en général faible, parce que le circuit est entièrement métallique, tandis que, dans un élément voltaïque, la résistance du liquide est toujours considérable.

Toute résistance interposée diminue la force du courant : mais les effets en sont d'autant moindres que cette résistance est plus petite proportionnellement à celle des autres portions du circuit. D'où il résulte que dans deux circuits transmettant deux courants de force égale, si la même résistance est introduite, les forces des deux courants peuvent être affaiblies dans des proportions très-différentes. Un seul élément voltaïque $E/R$, et une série composée d'un nombre quelconque de pareils éléments $nE/nR$, forment des circuits dans lesquels les courants ont la même force ; mais ces courants seront modifiés dans des proportions très-différentes, suivant que la résistance ajoutée sera faible ou considérable, comparée aux résistances primitives des circuits. Si elle est faible, les effets des deux circuits resteront sensiblement les mêmes ; mais si elle est considérable, la résistance qui affaiblit grandement le courant dans le circuit d'un seul élément ne produit qu'un affaiblissement insignifiant dans celui de la pile. Ce fait explique la nécessité d'employer une pile pour vaincre de grandes ré-

sistances. Les mêmes remarques s'appliquent à la comparaison d'un circuit thermo-électrique avec un circuit voltaïque.

La formule suivante est l'expression générale de la force du courant dans un circuit voltaïque complété par un fil conducteur, et en supposant les plaques métalliques des éléments voltaïques parallèles les unes aux autres et d'égale grandeur :

$$F = \frac{nE}{\frac{nRD}{S} + \frac{rl}{s}}$$

F est la force du courant, E la force électro-motrice d'un seul élément, $n$ le nombre des éléments, R la résistance spécifique du liquide, D l'épaisseur de la couche liquide ou la distance des plaques, S la section des plaques en contact avec le liquide, $r$ la résistance spécifique du fil métallique conducteur, $l$ sa longueur, $s$ sa section.

Traduite en langage ordinaire, cette formule donne les lois suivantes : la force électro-motrice d'un circuit voltaïque varie avec le nombre des éléments et la nature des métaux et des liquides qui constituent chaque élément, mais ne dépend en aucune façon des dimensions d'aucune de leurs parties.

La résistance de chaque élément est directement proportionnelle à la distance où se trouvent les plaques l'une de l'autre dans le liquide et à la distance spécifique de ce liquide, et inversement proportionnelle à la surface des plaques en contact avec lui.

La résistance du fil conducteur du circuit est inversement proportionnelle à sa section.

Les lois de distribution du courant électrique dans les diverses parties du circuit, lorsqu'on juxtapose un conducteur latéral pour dériver une portion du courant d'une étendue limitée de ce même circuit, sont aussi faciles à formuler.

Représentons par $\lambda$ la longueur réduite de la portion du circuit d'où le courant est partiellement dérivé, par $\lambda'$ celle du fil de dérivation, et par L celle de la partie non divisée du circuit. On peut démontrer que la force du courant, dans chacun des conducteurs adjacents $\lambda$ et $\lambda'$, est en raison inverse de leurs longueurs réduites, et que la longueur réduite d'un seul fil métallique qui, substitué aux deux, n'altérerait pas la force du courant, est :

$$\frac{\lambda\lambda'}{\lambda+\lambda'},$$

que nous représenterons par A.

La force du courant dans le circuit primitif, avant l'introduction du fil métallique qui le bifurque, se trouvera donc exprimée ainsi :

$$F = \frac{E}{L+\lambda},$$

et celle du courant dans les trois portions différentes du circuit altéré, sera représentée par les expressions suivantes :

Dans la portion principale, ou non divisée L :

$$F = \frac{E}{L+A} = \frac{E\,(\lambda+\lambda')}{L\,(\lambda+\lambda')+\lambda\lambda'}.$$

Daus la portion d'où le courant a été partiellement dérivé ou $\lambda$ :

$$F = \frac{E}{L+A}.\ \frac{A}{\lambda} = \frac{E\,\lambda'}{L(\lambda+\lambda')+\lambda\lambda'}.$$

Dans la portion qui détourne une partie du courant, ou $\lambda'$ :

$$F = \frac{E}{L+A}.\ \frac{A}{\lambda'} = \frac{E\,\lambda}{L(\lambda+\lambda')+\lambda\lambda'}.$$

TERMINOLOGIE. — Rarement un progrès réel se trouve effectué dans une théorie scientifique sans exiger dans sa terminologie un changement correspondant. Maintenant qu'il est prouvé, sans qu'il puisse rester place au plus petit doute, que les diverses sources d'action électrique continue ne diffèrent entre elles que par la somme de leurs forces électro-motrices modifiées par la résistance du circuit dont elles font partie, il devient important d'adopter, pour exprimer la source d'un courant, des termes généraux sans aucun rapport au mode particulier de sa production; j'emploierai donc le mot *rhéomoteur* pour désigner tout appareil qui donne naissance à un courant électrique, que ce soit un élément voltaïque ou une pile voltaïque, un élément thermo-électrique ou une pile thermo-électrique, ou enfin toute autre source quelconque d'un courant électrique. En parlant d'un seul élément, je l'appellerai un *élément rhéomoteur*, et je donnerai le nom de *série rhéomotrice* à ce que l'on nomme habituellement une pile ou une batterie voltaïque ou thermo-électrique.

Le besoin d'un terme général pour désigner un instrument propre à mesurer la force d'un courant électrique indépendamment de sa construction particulière a été longtemps senti. J'emploierai dans ce but le mot *rhéomètre*, tout en continuant à me servir parfois de ceux de galvanomètre, voltamètre, etc., pour distinguer les instruments particuliers auxquels ces noms ont été donnés, quoique peut-être les termes *rhéomètre galvanique*, *chimique*, *calorifique*, etc., leur seraient mieux appropriés. Par *rhéotome*, je désigne un instrument qui interrompt périodiquement un courant, et par *rhéotrope* un instrument qui le renverse alternativement. Un *rhéoscope* est un instrument destiné à constater simplement l'existence d'un courant électrique. Le mot *rhéostat* sera expliqué plus loin.

MÉTHODES. — La méthode que je vais exposer pour déterminer les constantes dans un circuit rhéophorique est essentiellement celle adoptée par Fechner, Lenz, Pouillet, etc., dans leurs vérifications expérimentales de la théorie de Ohm.

On détermine la résistance d'un circuit en observant la force du courant, d'abord sans aucune résistance additionnelle interposée dans le circuit, puis après avoir ajouté une résistance connue. On a ainsi successivement :

$$F = \frac{E}{R}, \quad F' = \frac{E}{R + r'},$$

d'où :

$$\frac{F}{F'} = \frac{R + r}{R},$$

équation d'où l'on déduit facilement la valeur de R, toutes les autres quantités qui y entrent étant connues; on a en effet

$$R = \frac{F'}{F - F'} r.$$

La force électro-motrice d'un circuit s'obtient en multipliant la force du courant par la résistance totale; car on a :

$$F = \frac{E}{R}, \quad E = FR.$$

Le principe de cette méthode est extrêmement simple; mais la difficulté de déterminer immédiatement la force d'un courant au moyen du galvanomètre est un obstacle à son emploi général. Fechner

mesurait la force du courant par le nombre d'oscillations de l'aiguille placée à angle droit avec la direction des circonvolutions du fil, opération très-fastidieuse; d'autres ont employé les déviations de l'aiguille, les degrés correspondants de force ayant été préalablement déterminés par quelque procédé particulier, ou déduits de quelque règle dépendant de la construction particulière de l'instrument. Une autre objection contre l'emploi d'un galvanomètre pour mesurer la force d'un courant naît des changements qui ont souvent lieu dans l'intensité magnétique de l'aiguille, surtout lorsqu'elle a été soumise à l'action d'un courant trop fort.

Le principe de ma méthode consiste à employer, au lieu de résistances constantes, des résistances variables, ramenant par là à l'égalité les courants dans les circuits comparés, et concluant du total de la résistance introduite ou supprimée pour passer d'une déviation de l'aiguille à une autre les valeurs des forces électro-motrices et des résistances du circuit, selon les conditions particulières de l'expérience. Cette méthode n'exige aucune connaissance des forces correspondantes aux différentes déviations de l'aiguille.

Pour appliquer ce principe, il est nécessaire d'avoir un moyen de varier la résistance interposée, de manière qu'elle change graduellement dans des limites voulues quelconques. Pour y parvenir, j'ai inventé deux instruments : l'un destiné aux circuits dont la résistance est considérable, l'autre pour ceux dans lesquels elle se trouve faible.

Rhéostat. — Le premier instrument est représenté fig. 12, pl. II ; G est un cylindre de bois, H un cylindre de laiton, tous deux du même diamètre et ayant leurs axes parallèles. Sur le cylindre de bois est entaillée une rainure en hélice, et à l'une de ses extrémités est fixé un anneau de cuivre auquel est attaché l'un des bouts d'un long fil métallique d'un très-petit diamètre. Ce fil, lorsqu'il est enroulé autour du cylindre de bois, remplit toute la rainure, et est fixé par son autre bout à l'extrémité opposée du cylindre de cuivre. Deux ressorts, J et K, pressant l'un contre l'anneau de cuivre du cylindre de bois, l'autre contre l'extrémité du cylindre de cuivre H, au moyen de deux vis de jonction, peuvent être mis en communication avec les fils métalliques du circuit. La manivelle mobile M sert à faire tourner les cylindres sur leurs axes. Lorsqu'elle est placée sur le cylindre H et tournée de gauche à droite, le fil métallique se déroule de dessus

le cylindre de bois et s'enroule sur le cylindre de cuivre ; mais lorsqu'on l'adapte au cylindre G, et qu'on la tourne de droite à gauche, le contraire a lieu. Les circonvolutions sur le cylindre de bois étant isolées et tenues séparées l'une de l'autre par la rainure, le courant suit la longueur entière du fil enroulé sur ce cylindre ; mais les circonvolutions sur le cylindre de cuivre n'étant pas isolées, le courant passe immédiatement du point du fil en contact avec le cylindre au ressort K. La partie efficace de la longueur du fil métallique se réduit donc à la portion variable enroulée sur le cylindre de bois.

Dans l'instrument que j'emploie ordinairement, les cylindres ont six pouces anglais de longueur et un pouce et demi de diamètre; le filet de la vis est de 1/40 de pouce, et le fil, qui est de laiton, a 1/100 de pouce de diamètre. Je fais usage d'un fil très-mince et d'un métal mauvais conducteur, afin de pouvoir introduire une plus grande résistance dans le circuit.

Une échelle permet de mesurer le nombre de circonvolutions déroulées et d'obtenir les fractions de circonvolution : un index, fixé à l'axe de l'un des cylindres, parcourt les divisions d'un cercle gradué.

Comme le principal usage de cet instrument est d'ajuster ou régler le circuit de manière à obtenir un degré de force constant, je lui ai donné le nom de *rhéostat.*

La figure 12 montre la disposition du circuit lorsque tout est préparé pour une expérience. B est un galvanomètre très-sensible à aiguille astatique, muni d'un microscope pour lire les divisions du cercle. Le rhéomoteur ou l'élément voltaïque que j'ai employé dans la plupart de mes recherches rhéométriques est la pile à amalgame de zinc, page 74, avec des vases dont les faces latérales ont deux pouces de largeur sur un pouce et demi de hauteur. Ce rhéomoteur, outre qu'il est très-constant dans son action, est extrêmement économique et facile à manipuler. On peut substituer au cuivre un métal négatif quelconque, pourvu que le liquide interposé soit une solution d'un sel de ce métal.

EMPLOI ET MODIFICATIONS DIVERSES DU RHÉOSTAT. — Le rhéostat que j'emploie pour des circuits dans lesquels la résistance est comparativement faible est représenté par la fig. 14. A est un cylindre de bois bien sec, sur la surface duquel une rainure est creusée en hélice ; un gros fil de cuivre est enroulé autour du cylindre, occupant la rainure et formant comme le filet d'une vis. Immédiatement au-dessus

du cylindre, et parallèlement à son axe, est placée une barre triangulaire B, portant un curseur C; à ce curseur est adapté un ressort D qui presse constamment contre les spires du fil de cuivre. L'un des bouts de l'hélice métallique est attaché à un anneau de laiton E, contre lequel presse un ressort F qui est en communication, au moyen d'une vis de jonction, avec l'une des extrémités du circuit; l'autre extrémité du circuit est retenue, par une vis semblable, en contact métallique avec la barre triangulaire de métal. En tournant la manivelle H, le cylindre se meut sur son axe dans l'une ou l'autre direction, et le curseur C, guidé par le fil de cuivre, glisse le long de la barre, avançant ou reculant suivant que le cylindre tourne à droite ou à gauche : le curseur venant à se mettre en contact avec un point différent du fil de cuivre, une résistance différente est introduite dans le circuit; elle est due à la seule portion de fil comprise entre le curseur et le bout mis en communication avec le ressort F. Le cylindre de l'instrument que j'ai construit a dix pouces et demi anglais de longueur, trois pouces un quart de diamètre; le fil fait cent huit circonvolutions autour du cylindre. Les dimensions de l'instrument, la grosseur, la longueur et la matière du fil métallique doivent varier avec la résistance variable qu'on désire introduire dans le circuit et le degré d'exactitude avec lequel on veut mesurer ces variations.

La fig. 13 représente la disposition d'un circuit thermo-électrique dans lequel cet instrument a été interposé. C'est l'élément thermo-électrique; B est le galvanomètre, qui, dans ce cas-ci, ne doit point être formé de nombreuses circonvolutions d'un fil métallique mince, comme dans l'arrangement précédent, car on introduirait par là une trop grande résistance dans le circuit, mais doit consister en une seule plaque épaisse, ou un gros fil métallique faisant un seul tour.

Le rhéostat, particulièrement, sous la dernière forme que nous venons de décrire, peut être utilement employé comme régulateur d'un courant électrique, pour maintenir exactement le même degré de force pendant un temps quelconque voulu, pour augmenter ou diminuer la force dans toute proportion donnée. Interposé dans le circuit d'une machine thermo-électrique, il permet, quelques variations qu'éprouve le rhéomoteur dans son énergie, de conserver constamment au courant la même intensité en tournant le cylindre du régulateur à gauche ou à droite, suivant qu'elle augmente ou diminue. On peut de même, en ajustant le rhéostat, obtenir toute autre inten-

sité comprise entre des limites données. Puisque la consommation des matières employées pour une pile voltaïque dans laquelle il n'existe point d'action locale est inversement proportionnelle à la résistance du circuit, cette méthode d'altérer l'intensité a un avantage que ne possède aucune autre : la force effective est toujours strictement proportionnelle à la quantité de matières dépensées pour produire la puissance. Ce résultat serait très-avantageux si de nouveaux perfectionnements parvenaient jamais à transformer une machine électromagnétique en moteur mécanique.

Dans les opérations de l'électrotypie, l'avantage du rhéostat est évident. En variant sa position de temps en temps de manière à tenir l'aiguille d'un galvanomètre sur le même point, on peut maintenir un courant au degré d'énergie voulu, pendant un temps quelconque; et, comme la nature du dépôt, lorsque la solution dont on l'obtient reste la même, ne varie qu'avec la force du courant et la grandeur de la surface sur laquelle le métal est réduit, lorsqu'on a une fois obtenu un bon effet, on peut, sans difficulté et avec certitude, se replacer dans les mêmes circonstances et éliminer complétement les chances du hasard.

UNITÉ DE MESURE DE LA RÉSISTANCE. — Il est de la plus haute importance d'avoir, pour mesurer les résistances, un terme de comparaison exact et que l'on puisse aisément reproduire. On pourrait se servir, pour cet effet, d'un fil de cuivre d'une longueur et d'un diamètre donnés; mais, comme de très-petites différences de diamètre sont accompagnées de différences considérables dans les résistances des fils métalliques, il convient mieux de prendre pour unité de résistance un fil métallique d'une longueur et d'un poids donnés, ce qui permet de déterminer très-exactement de faibles différences. Je prendrai donc, dans toutes mes expériences, pour unité de résistance, un fil de cuivre de un pied anglais de long (1), et pesant cent grains (*poids anglais*). Le diamètre de ce fil est les 0,071 d'un pouce anglais, et il est compris entre les numéros quinze et seize du commerce de Londres.

BOBINES DE RÉSISTANCE. — Il est souvent nécessaire de mesurer des résistances beaucoup trop grandes pour qu'on puisse y parvenir au moyen du rhéostat, quoique la longueur réduite de son fil métal-

(1) Le pied anglais vaut $0^m,304$ ; 100 grains valent 5 gr.,9.

lique soit considérable : je puis, par exemple, désirer connaître la résistance du fil des électro-aimants de mon appareil télégraphique, qui a souvent plusieurs centaines de mètres de longueur, celle que présente une très-longue ligne télégraphique, ou la résistance d'une certaine étendue d'un liquide mauvais conducteur. Dans tous ces cas, et dans une foule d'autres, j'emploie un autre instrument qui me met en état d'interposer dans le circuit des résistances en quantités quelconques, et d'obtenir cependant, par l'adjonction du rhéostat qui lui sert comme de régulateur, qui le complète et le perfectionne, un degré d'exactitude aussi complet qu'on le désire. Cet instrument est représenté fig. 12, planche II; il consiste en six bobines autour de chacune desquelles s'enroule un fil de cuivre très-fin, recouvert de soie et d'un diamètre de 1/200 de pouce. Deux de ces fils ont cinquante pieds anglais de long, les autres ont respectivement cent, deux cents, quatre cents, huit cents pieds : les deux bouts de chaque fil sont attachés à des fils métalliques courts, et d'un fort diamètre, fixés aux faces supérieures des cylindres et servant à réunir tous les fils en une longueur continue ; les deux fils métalliques F, F, continuent les extrémités des fils qui font entrer les bobines dans le circuit. Sur la face supérieure de chaque cylindre est un ressort double de laiton mobile autour d'un centre, de sorte que ses extrémités puissent à volonté, ou poser sur les bouts des gros fils qui servent à réunir toutes les bobines, ou en être écartées et ne poser que sur le bois. Dans la dernière position, le courant du circuit est obligé de suivre les circonvolutions de la bobine ; mais dans la première position, le courant suit le ressort et soustrait du circuit la résistance entière de la bobine. Quand tous les ressorts posent sur les gros fils métalliques, la résistance de toute la série des bobines est supprimée; mais il suffit de tourner les ressorts pour introduire tour à tour plusieurs bobines dans le circuit, et augmenter successivement la résistance de tous les multiples de 50 pieds jusqu'à 1600.

Comme on ne peut pas rigoureusement compter sur la mesure exacte de ces grandes longueurs de fil métallique, il est bon de constater le nombre d'unités de résistance de chaque fil enroulé, ce qui, à l'aide du rhéostat, peut aisément s'effectuer. J'ai trouvé que la résistance entière de 1600 pieds était équivalente à 218880 unités de résistance, ou à 218880 pieds du fil métallique pris pour terme de comparaison. J'emploie encore une série auxiliaire de fils enroulés et

combinés de la même manière que les précédents, consistant en six bobines du même fil métallique, chacune de 500 verges de long : la ongueur réduite de cette série a plus de 233 milles du fil pris pour terme de comparaison : en la combinant avec la précédente, je puis mesurer des résistances égales à 274 milles et demi (1).

ÉVALUATION DE LA RÉSISTANCE. — Lorsqu'un élément parfaitement constant, un galvanomètre et un rhéostat, sont placés dans un circuit, comme on le voit fig. 12, on peut constater la résistance de tout corps interposé de la manière suivante : observez le point sur lequel se tient l'aiguille ; retirez alors du circuit le corps dont la résistance doit être mesurée, et, au moyen du rhéostat, ajoutez une longueur de fil suffisante pour ramener l'aiguille au même point. Le nombre d'unités de résistances correspondant à cette longueur ajoutée sera la mesure cherchée.

Il est important de déterminer la résistance du fil métallique du galvanomètre employé dans les expériences ; pour effectuer cette détermination par la méthode ci-dessus, il serait nécessaire d'avoir un galvanomètre auxiliaire ; mais lorsqu'on n'a pas sous la main un second galvanomètre, on peut avoir recours au procédé suivant : prenez deux éléments rhéomoteurs exactement égaux, et pour la force électro-motrice et pour la résistance ; placez-en un dans le circuit avec galvanomètre, fig. 12 ; observez soigneusement la déviation de l'aiguille ; interposez ensuite l'autre élément, et ramenez l'aiguille au même point par le moyen du rhéostat. La longueur réduite du fil deroulé $\lambda$ sera la mesure de la résistance $g$ du fil du galvanomètre, plus celle des fils qui établissent la communication $r$ ; retranchez $r$ de $\lambda$, la résistance de $g$ sera déterminée : on a, en effet,

$$\frac{E}{R+r+g} = \frac{2E}{2R+r+g+\lambda}$$

d'où

$$g = \lambda - r.$$

SOMME DES FORCES ÉLECTRO-MOTRICES D'UN CIRCUIT VOLTAÏQUE. — Le rhéostat fournit un moyen commode de constater la somme des forces électro-motrices en activité dans un circuit voltaïque, sans avoir besoin pour cela de l'aide d'un rhéomètre gradué qui indique

(1) La verge anglaise vaut environ 1 mètre français, le mille vaut environ 8/5 de kilomètre.

des forces proportionnelles, ou d'avoir recours au procédé fastidieux de compter les oscillations d'une aiguille, employé par Fechner dans ses investigations. Il sera d'une grande importance pour les progrès futurs de l'électro-chimie d'épargner le temps et la peine de cette opération; d'autant plus que les fluctuations dans les forces électro-motrices de plusieurs circuits, dues à des actions chimiques ou autres, enlèvent toute espèce de valeur à des observations résultant d'expériences qui exigent un temps considérable.

Le principe sur lequel s'appuie mon procédé est celui-ci : dans deux circuits produisant des effets rhéométriques égaux, la somme des forces électro-motrices divisée par la somme des résistances est une quantité constante, car les équations

$$F = \frac{E}{R},\ F' = \frac{E'}{R'},\ F' = F,$$

entraînent la suivante : $$\frac{E'}{R'} = \frac{E}{R}.$$

Si E et R croissent ou décroissent proportionnellement, F restera évidemment invariable : connaissant donc le rapport des résistances dans deux circuits produisant le même effet, nous sommes en état d'en conclure immédiatement celui des forces électro-motrices. Cependant, comme il est difficile dans plusieurs cas de déterminer la résistance totale, se composant des résistances partielles du rhéomoteur, du galvanomètre, du rhéostat, etc., j'ai recours au procédé suivant, qui est très-simple. Si l'on augmente la résistance du premier circuit d'une quantité connue $r$, la force du courant devient

$$\frac{E}{R+r}:$$

afin de conserver à l'effet dans le second circuit cette même valeur, il faudra que la résistance ajoutée soit multipliée par le même facteur $n$ qui multiplie les forces électro-motrices et les anciennes résistances, car alors on aura bien

$$\frac{E}{R+r} = \frac{nE}{nR+nr}.$$

Le rapport $n$ des longueurs des résistances ajoutées $r$ et $nr$, qui est

connu immédiatement, conduit donc à celui des forces électro-motrices.

Dans l'expérience, je procède ainsi : j'interpose le rhéostat et le galvanomètre dans le circuit, et ensuite, au moyen du premier de ces instruments, en ajoutant, s'il est nécessaire, les bobines de résistance, j'ajoute une résistance suffisante pour amener l'aiguille exactement à 45° ; je constate ensuite la longueur de fil qu'il faut dérouler de dessus le cylindre de laiton du régulateur pour réduire la déviation de l'aiguille à 40°. Le nombre des tours donne la mesure de la force électro-motrice, en prenant pour unité le nombre correspondant au cas où le rhéomoteur ou élément pris pour terme de comparaison était seul employé.

MESURE DE DIVERSES FORCES ÉLECTRO-MOTRICES. — Je joins ici quelques mesures de forces électro-motrices obtenues par le procédé que je viens de décrire.

1. Trois éléments de différentes grandeurs, composés de cuivre, d'une solution de sulfate de cuivre et de l'amalgame liquide de zinc, furent successivement placés dans le circuit. Le nombre de tours exigé pour ramener l'aiguille de 45 à 40 fut :

Cylindre de cuivre de deux pouces de circonférence, d'un pouce et demi de hauteur, 30 tours.

Cylindre de cuivre de 3 1/2 pouces anglais de haut et de 2 1/2 de diamètre, 30

Cylindre de cuivre de 6 pouces de haut et de 3 1/2 de diamètre, 30

D'où il suit que, conformément à la théorie, la grandeur d'un élément n'apporte aucune différence dans sa force électro-motrice.

2. Cinq petits éléments de cuivre et d'amalgame de zinc furent chargés respectivement avec les cinq solutions suivantes de cuivre : le sulfate, le sulfate ammoniacal, l'acétate, le perchlorure et le nitrate. Quoique la force du courant produit par chaque élément séparément différât beaucoup de l'un à l'autre, en raison de la conductibilité différente des solutions, cependant, à l'exception du nitrate, toutes exigèrent le même nombre de tours indiquant des forces électro-motrices égales ; le nitrate présenta des fluctuations comprises entre 23 et 29°, occasionnées probablement par quelque action perturbatrice de l'acide nitrique sur le mercure de l'amalgame.

3. On mesura les forces électro-motrices d'un circuit dans lequel 1, 2, 3, 4, 5 éléments semblables furent successivement placés :

1 élément, 30 tours ; 2 éléments, 61 tours ; 3 éléments, 91 tours ; 4 éléments, 120 tours ; 5 éléments, 150 tours.

La force électro-motrice d'un circuit est donc, comme la théorie l'indique, proportionnelle au nombre des éléments semblables arrangés en série dont se compose le rhéomoteur. Je désirai comparer la force électro-motrice d'un élément thermo-électrique dont les deux métaux étaient le bismuth et le cuivre, et dont les soudures opposées étaient exposées aux températures fixes de la glace fondante et de l'eau bouillante, à celle de l'élément voltaïque pris pour unité. Comme l'interposition du galvanomètre diminuait considérablement la force du courant dans le circuit thermo-électrique, de telle sorte que je ne pouvais pas faire avancer l'aiguille à 45°, je ramenais, dans ce cas particulier, la déviation de l'aiguille de 10 à 5 degrés : les rapports des mesures des forces électro-motrices restent les mêmes, quels que soient les deux points entre lesquels on fait varier l'aiguille, pourvu qu'ils ne changent pas durant la même série d'expériences.

Élément thermo-électrique de bismuth et cuivre, la température des soudures étant 0 et 100 degrés, 8 tours

Élément voltaïque unité, formé d'amalgame de zinc, de sulfate de cuivre et de cuivre, 757 tours

Les forces électro-motrices relatives sont donc comme 1:94,6 (1).

DIVERS PROCÉDÉS POUR LA DÉTERMINATION DE LA RÉSISTANCE. — La résistance ou la longueur réduite d'un rhéomoteur peut être déterminée par l'un ou l'autre des procédés suivants :

*Première méthode.* — Placez le galvanomètre et le rhéostat dans le circuit, et réglez ce dernier de façon que l'aiguille du galvanomètre s'arrête à un point déterminé : divisez alors le courant qui traverse le fil métallique du galvanomètre en plaçant à côté un autre fil de résistance égale, l'aiguille reculera : la longueur réduite, mesurée par le nombre de tours du rhéostat qu'il faudra retrancher du circuit pour ramener l'aiguille à son premier point, sera égale à la moitié de la résistance totale de la portion non divisée du premier circuit. Si donc la résistance du galvanomètre, des rhéophores et de

(1) M. Pouillet, par un procédé bien différent, a constaté que ce rapport était 1/95.

la portion de fil enroulé du rhéostat qui se trouvait dans le circuit avant l'expérience a été préalablement déterminée, on obtiendra aisément celle du rhéomoteur, en retranchant la première résistance de la résistance totale mesurée, comme nous venons de le dire.

Soit E la force électro-motrice, $g$ la résistance du fil du galvanomètre, et R toutes les autres résistances du circuit. La force du courant agissant sur l'aiguille sera

$$F = \frac{E}{R+g};$$

ajouter à côté du fil du galvanomètre un autre fil ayant la même résistance; c'est comme si on lui substituait un autre fil métallique d'une section double, et l'expression de la résistance du circuit devient

$$R + \frac{g}{2};$$

mais, puisque, par suite de la division du courant, il n'y a plus que la moitié de sa force qui agit sur l'aiguille, cette action peut être représentée par :

$$\frac{\frac{1}{2}E}{R+\frac{1}{2}g}.$$

Pour rendre cette expression équivalente à la première, il faut réduire de moitié la résistance R, car on a,

$$\frac{E}{R+g} = \frac{\frac{1}{2}E}{\frac{1}{2}R+\frac{1}{2}g};$$

et la résistance enlevée du circuit pour effectuer cette réduction est évidemment égale à la moitié de la résistance de la portion non divisée du circuit primitif : l'équation

$$\frac{E}{R+g} = \frac{\frac{1}{2}E}{R+\frac{1}{2}g-\lambda},$$

donne en effet

$$\lambda = \frac{R}{2}.$$

*Deuxième méthode.* — Amenez, au moyen du rhéostat, l'aiguille du galvanomètre à un point M déterminé par un nombre $m$ de degrés ; constatez la résistance $r$ nécessaire pour amener l'aiguille à un point

antérieur N, ramenez-la en M : alors placez un fil métallique qui partage le courant avec le galvanomètre, et faites varier ce fil jusqu'à ce qu'une nouvelle résistance $r'$ ramène de nouveau l'aiguille en N. Lorsque l'aiguille est en M, on a

$$F = \frac{E}{R + g},$$

lorsqu'elle est fixée sur N, dans le premier cas,

$$F' = \frac{E}{R + g + r};$$

dans le second cas,

$$F' = \frac{Er'}{R(g + r') + gr'};$$

égalant ces deux expressions, on a

$$\frac{E}{R + g + r} = \frac{Er'}{R(g + r') + gr'},$$

d'où :

$$R = \frac{rr'}{g}.$$

Comme $r$,$r'$ et $g$ sont connus, R s'obtient tout de suite, et on en déduit, comme plus haut, la résistance du rhéomoteur.

Si $r' = g$, c'est-à-dire si la résistance du fil du galvanomètre est égale à celle du fil qui détourne une portion du courant, alors $R = r$.

*Troisième méthode.* — Amenez l'aiguille à un point quelconque déterminé, et constatez, au moyen de l'instrument, fig. 17, qui sera décrit page 239, quel degré correspond à la moitié de l'intensité ainsi indiquée. Puisque, lorsque la force électro-motrice reste la même, la force du courant est inversement proportionnelle à la résistance totale, pour ramener l'aiguille du point M correspondant à $m$ degrés au point N correspondant à $m/2$ degrés, il faut ajouter une résistance exactement égale à celle qui existait auparavant dans le circuit : ainsi donc le nombre de tours du rhéostat nécessaire pour produire cet effet sera la mesure de la résistance totale du circuit, lorsque l'aiguille se tenait en M. La résistance totale ayant été ainsi mesurée, on obtient celle du rhéomoteur en en retranchant les autres résistances connues, y compris celle du galvanomètre.

Plus généralement, si les forces $n$ et $m$ de deux courants correspondants à deux positions stationnaires de l'aiguille sont connues, la résistance totale du circuit sera

$$R = \frac{mr}{n - m},$$

$r$ étant la résistance ajoutée pour réduire le courant de $n$ à $m$ : si $n = 2m$, alors $R = r$ comme auparavant.

*Quatrième méthode.* — Dans le procédé que nous allons décrire et le suivant, on emploie deux rhéomoteurs exactement égaux, et qui, interposés successivement dans le circuit, devront dévier l'aiguille d'une même quantité.

Placez un des rhéomoteurs dans le circuit et réglez le rhéostat de manière que l'aiguille indique un degré quelconque choisi arbitrairement; ajoutez alors le second élément à côté du premier, et augmentez la longueur réduite du circuit, en tournant le rhéostat, jusqu'à ce que l'aiguille soit ramenée sur la même division. La quantité connue et mesurée par le nombre des tours du rhéostat dont la longueur réduite du circuit a été augmentée, est égale à la moitié de la résistance d'un seul rhéomoteur : en effet, en plaçant le second rhéomoteur à côté du premier, la résistance de cette portion du circuit est réduite de moitié; donc, pour rétablir la condition première du circuit, on doit ajouter une résistance égale à la moitié de celle du rhéomoteur : de l'équation

$$\frac{E}{R + r} = \frac{E}{\frac{R}{2} + r + \lambda}, \text{ on déduit } \lambda = \frac{R}{2} :$$

R est la résistance du rhéomoteur, $r$ représente les autres résistances du premier circuit, $\lambda$ le fil déroulé.

*Cinquième méthode.* — Placez les deux rhéomoteurs et faites varier la résistance jusqu'à ce que l'aiguille s'arrête sur une division choisie à volonté; placez-les alors à côté l'un de l'autre, et augmentez la résistance en tournant le rhéostat jusqu'à ce que l'aiguille soit ramenée à son premier point : la résistance d'un seul rhéomoteur égale deux fois la résistance qu'il a fallu ajouter, plus toutes les résistances du premier circuit, excepté celle du rhéomoteur. On a en effet

$$\frac{2\,E}{2\,R+r}=\frac{E}{\frac{R}{2}+r+\lambda},\quad R=r+2\,\lambda$$

R est la résistance du rhéomoteur, $r$ les autres résistances du premier circuit, et $\lambda$ la résistance ajoutée, au moyen du rhéostat, pour rendre la force du courant, dans le second circuit, égale à celle qu'il avait dans le premier.

J'ai trouvé de cette manière que la résistance d'un des éléments de la pile à amalgame de zinc était égale à 2128 fois l'unité de résistance adoptée page 224.

La résistance du rhéomoteur pris pour terme de comparaison ayant été soigneusement déterminée par l'un ou l'autre des procédés que je viens de décrire, la résistance de tout autre rhéomoteur possédant la même force électro-motrice peut s'obtenir par une méthode encore plus expéditive. Ayant amené l'aiguille sur un point déterminé, lorsque le rhéomoteur pris pour terme de comparaison se trouve dans le circuit, on retire ce rhéomoteur et on le remplace par le rhéomoteur dont on veut mesurer la résistance; le nombre des tours du rhéostat qu'il faudra ajouter au circuit ou en retrancher pour ramener la force du courant dans ce second cas à ce qu'elle était dans le premier étant ajouté à la résistance du rhéomoteur unité, ou en étant retranché, donnera celle du rhéomoteur à mesurer : si $R'$ est plus grand que R, on aura $R' = R + r$; s'il est plus petit, $R' = R - r$. Par ce simple procédé, on pourra aisément comparer les résistances d'éléments voltaïques de différentes formes, grandeurs, etc.

INSTRUMENTS POUR MESURER LA RÉSISTANCE DES LIQUIDES. — A, fig. 14, planche II, est un tube de verre d'environ deux pouces anglais de long et d'un demi-pouce de diamètre intérieur; une portion du tube a été enlevée sur un pouce un quart de sa longueur, de manière à laisser un segment de 270°; à l'une des extrémités de cette ouverture est fixé un bouchon de métal terminé par une plaque de platine, à l'autre bout se trouve un piston mobile terminé aussi par une plaque de platine, et pouvant avancer jusqu'à un quart de pouce de la plaque fixe : l'étendue de la course du piston est ainsi limitée à un pouce, et l'on y adapte un appareil micrométrique, afin de mesurer exactement une portion quelconque de cet intervalle. Pour obtenir la mesure de la résistance d'un liquide, je procède de la manière sui-

vante : j'interpose dans le circuit une petite pile constante, composée d'environ trois éléments, avec le rhéostat, les bobines de résistance, le galvanomètre et le tube. Le bout du piston se trouvant à un quart de pouce de la plaque fixe, je remplis l'espace entre les deux plaques du liquide dont je veux mesurer la résistance. J'ajuste ensuite le rhéostat de manière à amener l'aiguille du galvanomètre sur un point déterminé : ayant noté ce point, je recule le piston, de manière qu'il laisse libre tout l'espace restant de un pouce, et je remplis le vide ainsi formé du même liquide : l'aiguille reculera vers zéro : je diminue alors la résistance du circuit au moyen du rhéostat et des bobines de résistance, jusqu'à ce que l'aiguille s'arrête au point où elle se trouvait, lorsqu'il n'y avait d'interposé qu'un quart de pouce de la colonne liquide : la longueur réduite du fil métallique, ainsi retiré du circuit, sera la mesure de la résistance de un pouce de liquide.

La mesure de la résistance d'un liquide doit être prise aussitôt qu'il est placé dans le circuit, parce que si on laisse le courant agir sur lui pendant un temps quelconque, la nature de la solution change. Dans le cas de l'acide sulfurique, par exemple, la solution est rendue plus forte par la décomposition et la diminution par conséquent de l'eau, tandis que dans le cas d'un sel métallique, non-seulement l'eau est décomposée, mais le métal est réduit, et l'acide libre dégagé. Néanmoins, dans les conditions de mes expériences, l'action chimique est si lente et le temps de l'opération si court qu'il n'y a lieu à aucun changement sensible de ce genre.

USAGE DU GALVANOMÈTRE POUR MESURER DES FORCES ÉLECTRO-MOTRICES. — Lorsqu'on fait usage d'un galvanomètre pour mesurer la force d'un courant, son fil métallique fait ordinairement partie du circuit, et par là même il est impossible d'employer le même galvanomètre pour mesurer la force du courant dans des circuits de différente espèce : un galvanomètre, avec de nombreuses circonvolutions d'un fil mince, ajoute une résistance très-considérable à un circuit dans lequel la force électro-motrice est considérable et la résistance faible ; un galvanomètre, avec un fil métallique court et gros, ne donnera presque aucune indication dans un circuit où la résistance est grande, quoique la force électro-motrice soit considérable : en outre, un galvanomètre très-sensible est incapable d'indiquer des forces énergiques.

Mais par le moyen simple que je vais décrire, on peut se servir de ce même galvanomètre sensible, pour mesurer les forces d'un degré quelconque d'énergie et dans toute espèce de circuit, sans y introduire aucune résistance incommode.

Si l'on fait passer le courant simultanément par deux routes, dont l'une est le fil même du galvanomètre, et l'autre un autre fil métallique réunissant ses deux extrémités, le courant se partagera dans le rapport inverse des résistances des deux routes qui lui sont offertes: on peut donc réduire autant qu'on le voudra l'action sur l'aiguille du galvanomètre en employant différents fils métalliques pour dériver une portion du courant. Les forces mesurées par le galvanomètre sans fil de dérivation conserveront les mêmes rapports après l'introduction de la nouvelle résistance; mais des mesures prises avec le même instrument, en se servant de fils de dérivation différents, ne seront pas comparables, à moins que l'on ne tienne compte du changement advenu dans la résistance du galvanomètre. On obtiendra des mesures exactes et comparables si l'on a la précaution d'ajouter à la portion principale du circuit une résistance qui compense la diminution de résistance occasionnée par l'adjonction du fil de dérivation. Soient $g$ la longueur réduite du fil du galvanomètre, et $n\ g$ celle du fil de dérivation; la force du courant dans la portion principale du circuit sera à celle qu'il possède dans le fil du galvanomètre comme $1 : \frac{n}{n+1}$: la résistance qu'il faut ajouter à la portion principale du circuit pour maintenir le courant dans le même état que lorsqu'on n'introduit pas le fil de dérivation est $\frac{g}{n+1}$.

Lorsqu'on se propose de mesurer des courants énergiques au moyen d'un galvanomètre très-sensible, il suffit d'attacher ses deux extrémités à deux points du fil conducteur : la distance entre ces deux points doit rester la même dans toutes les expériences dont on veut comparer les résultats; mais les déviations absolues de l'aiguille seront d'autant plus grandes que ces points seront plus écartés l'un de l'autre. Dans le cas du circuit d'une machine électro-magnétique puissante, ou d'un appareil galvano-plastique, la diminution de résistance occasionnée, en mettant en communication le fil du galvanomètre de la manière que je viens d'indiquer est si peu de chose, qu'il serait inutile d'en tenir

compte, et la compensation dont j'ai parlé plus haut cesse par conséquent d'être nécessaire.

APPAREIL DIFFÉRENTIEL POUR LA MESURE DE LA RÉSISTANCE. — La méthode donnée pour déterminer au moyen du rhéostat la résistance des fils de métal et des autres conducteurs de l'électricité est inapplicable lorsqu'il s'agit d'observer de petites différences. Si, par exemple, on vent soumettre à l'examen une petite longueur de fil, sa résistance est si faible, comparée aux autres résistances du circuit, y compris celle de la pile, que, soit qu'on l'interpose ou non, il est impossible d'apercevoir aucun changement dans la déviation de l'aiguille; et lors même qu'on opérerait sur des longueurs plus considérables de la substance conductrice, des fluctuations dans la puissance de la batterie rendraient souvent l'observation incertaine.

L'appareil simple que je vais décrire a l'avantage de pouvoir s'adapter sur-le-champ à toute espèce de galvanomètre.

La fig. 15, planche II, représente une planche sur laquelle sont placés quatre fils de cuivre ZB, ZA, CA, CB, dont les extrémités sont fixées par des vis de pression. Les vis Z, C sont destinées à recevoir les fils métalliques partant des deux pôles d'un rhéomoteur, et celles marquées A, B à saisir les extrémités du fil d'un galvanomètre. Dans cette disposition, des deux pôles du rhéomoteur partent deux fils qui se rendent l'un à une extrémité du fil du galvanomètre, l'autre à l'autre extrémité; et si les quatre fils sont de longueurs et d'épaisseurs égales, et de la même substance, il s'établit un équilibre parfait; de sorte qu'un rhéomoteur, quelque puissant qu'il soit, ne produit pas la moindre déviation sur l'aiguille du galvanomètre, qui demeure stationnaire à zéro. Les circuits ZABCZ et ZBACZ sont dans ce cas exactement égaux; et comme les deux courants tendent à traverser le galvanomètre qui fait partie du circuit dans des directions opposées, il n'y a aucun effet produit sur l'aiguille. Mais si l'on interpose une résistance dans l'un ou l'autre des quatre fils, l'équilibre du galvanomètre sera troublé : si elle est insérée en ZB ou CA, le courant ZABCZ sera prépondérant; si on l'insère en ZA ou CB, le courant ZBACZ se trouvera le plus énergique. Si la résistance interposée dans l'un des fils est infinie, ou, ce qui est la même chose, si ce fil, que nous supposerons être CB, est supprimé, l'énergie du courant traversant le galvanomètre sera celle d'un courant partiel ZBA traversant l'un des fils de l'appareil, plus le galvanomètre; la route suivie par la

portion dérivée du courant étant ZA. D'après cette disposition, la force du courant primitif est

$$\frac{E}{R + 2r + g},$$

et celle du courant partiel agissant sur le galvanomètre :

$$\frac{E r}{R(3r + g) + 2r^2 + rg};$$

R étant la résistance du rhéomoteur, $r$ celle de l'un des quatre fils, et $g$ celle du galvanomètre.

L'équilibre ayant été troublé par l'introduction d'une résistance dans l'un des fils, on peut le rétablir en plaçant une résistance égale dans l'un ou l'autre des fils adjacents. Pour que l'on puisse introduire la résistance qu'on se propose de mesurer et celle qui doit en donner la mesure, les fils ZB et CB sont interrompus, et des vis de jonction E, D, F, G sont fixées pour recevoir les extrémités des fils. L'équilibre, lorsqu'il est une fois établi, ne saurait être aucunement affecté par des fluctuations dans l'énergie du rhéomoteur.

La fig. 16 représente un arrangement des fils différent et, sous quelques rapports, plus commode; on a conservé les mêmes lettres. De légères différences dans les longueurs et même dans les tensions des fils suffisent pour troubler l'équilibre; il est donc nécessaire d'avoir un moyen d'ajustement par lequel, lorsque deux fils exactement égaux sont placés en CA et ZA, l'équilibre puisse être parfaitement établi. Pour atteindre ce but, une pièce de métal N, liée à la vis de jonction B, est incrustée dans la table, et une autre pièce de métal M se meut autour d'un centre fixe pris sur N, tandis que son extrémité libre repose toujours sur le fil. A mesure que la pièce mobile de métal fait un angle de plus en plus grand avec la pièce fixe, la résistance du trajet ZB est diminuée; si cependant l'équilibre était troublé par une trop grande résistance dans CB, il faudrait placer la pièce mobile de métal du côté opposé de la pièce fixe.

On ne peut assigner de dimensions précises à ces instruments. Les tablettes de ceux que j'emploie ont 14 pouces anglais de long et 4 de large; le fil de cuivre est de 1/20 de pouce de diamètre. Un seul élément voltaïque d'une grande surface produira un effet plus considérable qu'une pile de petits éléments.

DEGRÉ DE L'ÉCHELLE GALVANOMÉTRIQUE CORRESPONDANT A L'INTENSITÉ. — Si nous avions un moyen sûr et commode de déterminer quel degré de l'échelle galvanométrique indiquerait la moitié de l'intensité correspondante à tout autre degré donné, nos recherches numériques se trouveraient grandement facilitées. Les propriétés des courants dérivés, déduites de la théorie de Ohm, et pleinement confirmées par l'expérience, me mettent en état de proposer une méthode simple au moyen de laquelle ce but peut être complétement atteint.

Si un fil de même longueur, de même diamètre et de la même conductibilité que celui du galvanomètre est placé de manière à en dériver une portion du courant, il est évident qu'une moitié de ce même courant traversera le fil du galvanomètre, et l'autre moitié se dirigera par le fil de dérivation. Quoique les considérations suivantes se trouvent simplifiées, en supposant que le fil ainsi ajouté ait exactement les mêmes dimensions et le même pouvoir conducteur que celui du galvanomètre, il est aisé de voir que le même résultat aurait lieu si les deux fils offraient seulement la même résistance. Si le fil ajouté ne produisait aucune altération dans l'intensité du courant principal, une moitié de l'ancienne force agirait sur l'aiguille du galvanomètre; mais il n'en est point ainsi; l'addition de ce fil produit le même effet que si l'on avait doublé la section du fil du galvanomètre, et la résistance totale du circuit se trouve, en conséquence, diminuée. Si la force du courant primitif, lorsqu'il traverse le fil tout entier du galvanomètre,

E

est égale à $\frac{E}{R + r}$,

$r$ étant la résistance du fil du galvanomètre et R toutes les autres résistances du circuit,

$\frac{E}{R + \frac{r}{2}}$ sera la force du courant principal lorsqu'on aura ajouté le fil de dérivation. Si maintenant on ajoute à la portion principale du circuit une résistance $\frac{r}{2}$, c'est-à-dire un fil dont la résistance soit égale à la moitié de celle du fil du galvanomètre, l'intensité sera de nouveau $\frac{E}{R + \frac{r}{2} + \frac{r}{2}} = \frac{R}{R + r}$,

et la force agissant sur le galvanomètre exactement moitié de ce qu'elle était auparavant.

On comprendra maintenant aisément la construction et l'usage de l'instrument représenté fig. 17. A est un morceau de bois carré ayant deux plaques de laiton isolées P, P′ incrustées sur sa surface, sur lesquelles sont fixées les vis de pression ou de jonction C, Z et D ; B est un cercle aussi de bois mobile autour de son centre. Sur ce cercle mobile sont fixés la plaque isolée de laiton F, portant la vis de pression E, et les trois ressorts G, H, I, dont les extrémités libres pressent contre la planche A. Un fil métallique enroulé K, dont la résistance est équivalente à celle du fil du galvanomètre, est uni par ses deux extrémités à la plaque de laiton F et au ressort G : un autre fil enroulé L, dont la résistance est moitié de celle du précédent, est semblablement interposé entre la plaque de laiton et le ressort H. Un fil court met en communication la plaque F et le ressort I. M est un bouton au moyen duquel on communique un mouvement de rotation peu étendu au cercle mobile qui le porte.

Les fils conducteurs partant des pôles du rhéomoteur étant saisis par les vis de jonction C, Z, les extrémités des fils du galvanomètre attachés aux vis D et E dans la position de l'instrument représentée dans la figure 17, et les ressorts G et H pressant respectivement sur les plaques de laiton isolées P et P′, la principale portion du courant traverse le fil de résistance enroulé L, et le courant se partage ensuite également entre le fil du galvanomètre et le fil enroulé K. Mais lorsqu'on fait mouvoir le cercle dans la direction de la flèche, les ressorts G, H abandonnent les plaques de laiton et posent sur le bois, tandis que le ressort I est amené en contact avec la plaque P′; les deux fils enroulés cessent de faire partie du circuit, et le courant passe en entier à travers le fil du galvanomètre. Il est à peu près inutile de faire observer que cet instrument ne peut être employé qu'avec le galvanomètre pour lequel les fils enroulés K et L ont été ajustés.

Dans quelques cas, lorsqu'une expérience a été faite avec un courant d'un certain degré d'intensité, il est nécessaire de la répéter avec des courants d'intensité différente, dont les rapports au premier courant aient été exactement déterminés : l'instrument que je viens de décrire fournit un moyen facile d'effectuer cette détermination ; on peut constater de cette manière si la force électro-motrice dans

une combinaison particulière quelconque varie ou demeure constante lorsque l'énergie du courant est modifiée.

DEGRÉS DE DÉVIATION DE L'AIGUILLE D'UN GALVANOMÈTRE CORRESPONDANTS AUX DIVERS DEGRÉS DE FORCE, ET RÉCIPROQUEMENT. — Lorsque la force électro-motrice du circuit reste constante, la force du courant est inversement proportionnelle à la résistance ou longueur réduite du circuit. Si donc on détermine la résistance totale du circuit lorsque l'aiguille est sur 1°, et qu'ensuite, au moyen du rhéostat et des bobines de résistance, la résistance soit successivement réduite à 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, etc., les forces correspondantes du courant seront 2, 3, 4, 5, etc. Réciproquement, si l'on détermine successivement les longueurs réduites $a$, $b$, $c$, $d$, etc., qu'il est nécessaire de retrancher du circuit pour faire avancer l'aiguille de chaque degré à celui qui le suit immédiatement, les forces correspondantes à ces différents degrés seront :

$$\frac{1}{R}, \frac{1}{R-a}, \frac{1}{R-(a+b)}, \frac{1}{R-(a+b+c)}, \text{ etc.}$$

Par les procédés ci-dessus, les relations entre les degrés de force et ceux de l'échelle galvanométrique peuvent se déterminer d'une manière beaucoup plus expéditive que par aucune des méthodes ingénieuses de Nobili, Becquerel, Melloni, etc. Si l'on considère les modifications que peuvent apporter dans l'aiguille d'un galvanomètre sensible, surtout si elle est astatique, l'influence de courants énergiques, le voisinage des aimants, et, à un degré moindre, les changements de température et les variations dans l'intensité du magnétisme de la terre, on comprendra combien il est avantageux de posséder un moyen facile de regraduer l'instrument. » TRANSACTIONS PHILOSOPHIQUES, 1843.

Je regrette vivement que M. Wheatstone n'ait pas indiqué, dans un appendice pratique, comment l'on pouvait déduire, des données et des lois générales qu'il établit dans son beau mémoire, la solution immédiate des questions que soulève la transmission des courants dans la télégraphie électrique. J'aurais voulu qu'il indiquât lui-même en quelques lignes comment il résout ce problème : étant donnée la distance que les dépêches télégraphiques doivent parcourir, comment déterminer, *à priori*, la grosseur du fil à employer et l'intensité de la source électrique, c'est-à-dire les dimensions et les conditions essentielles de la pile ou de l'appareil électro-magnétique? Je ne puis

qu'indiquer ici d'une manière générale la marche à suivre. On peut se donner, *à priori*, la grosseur du fil; de son diamètre et de sa nature on déduira sa conductibilité; cette seconde quantité connue, jointe à la distance qui sépare les deux stations, ou à la longueur totale du fil, détermine la résistance absolue qu'il opposera à la transmission du courant; cette résistance est donnée par un nombre, et pourra se reporter sur le rhéostat ou être remplacée par une certaine longueur de fil très-fin sur lequel on pourra expérimenter. Il ne restera plus qu'à modifier les dimensions et le nombre des éléments de la pile, ou la longueur et le diamètre du fil d'induction de la bobine sur laquelle se développe le courant électro-magnétique, jusqu'à ce que le courant obtenu par l'un ou l'autre de ces deux appareils surmonte la résistance du fil fin, et produise, après l'avoir surmonté, les effets d'aimantation qui sont nécessaires aux deux stations pour faire apparaître les signaux. Quand cet effet se sera produit à travers le fil fin, on sera assuré qu'il se produira à travers la longueur de gros fil qui doit joindre les deux stations extrêmes de la ligne télégraphique. Par des expériences de ce genre, M. Wheatstone avait conquis le droit d'affirmer, même avant l'expérience, que l'on pourrait faire parcourir aux signaux une distance de plus de 140 lieues de France, etc., etc. J'entrerai dans plus de détails quand j'aurai examiné la question si grave de la conductibilité de la terre.

Qu'on me permette en attendant d'énoncer ici un grand enseignement que j'ai puisé dans mes rapides conversations avec M. Wheatstone; ce sera une preuve de plus de cette vérité trop méconnue, qu'il est quelquefois et même souvent aussi difficile de conclure du grand au petit que du petit au grand. On admet volontiers que ce qui réussit en petit peut ne pas réussir en grand, mais on admet difficilement que ce qui réussit en grand pourrait ne pas réussir en petit. Lorsque le courant électro-magnétique n'a à vaincre qu'une faible résistance, ou n'a à parcourir qu'un fil très-court, l'imperfection des contacts, dans la machine, se fait sentir dans une proportion énorme, de telle sorte que, si la diminution d'effet produit avait dû, comme on pouvait s'y attendre, croître dans le même rapport que la résistance ou la longueur du fil, on en aurait conclu rigoureusement que la télégraphie électrique était tout à fait impossible; heureusement qu'il n'en a rien été. Au contraire, lorsque la longueur du fil et sa résistance sont très-grandes, l'imperfection des contacts qui est restée constante

n'équivaut plus qu'à une fraction très-petite de la résistance; elle n'est plus sensible, et l'effet d'aimantation n'est par elle aucunement diminué.

Pour mieux faire ressortir encore ce contraste, supposons qu'on emploie comme moteur un électro-aimant. Son action dépend de trois éléments : elle est directement proportionnelle à la force motrice, ainsi qu'au nombre de tours du fil conducteur sur le fer doux, et en raison inverse de la résistance du fil conducteur. Il résulte de là que, si le nombre des tours augmente, la force de l'électro-aimant augmentera d'une part et diminuera de l'autre, par l'accroissement de résistance que les tours ajoutés apportent au courant. Si la résistance primitive des autres parties du circuit est petite, la nouvelle résistance aura une influence sensible, et il pourra arriver que la force de l'électro-aimant soit réellement diminuée. Si, au contraire, la résistance primitive du fil conducteur est très-grande, comme c'est évidemment le cas d'un circuit s'étendant sur une distance d'un grand nombre de lieues, la nouvelle résistance, qui ne sera qu'une très-faible partie de la résistance totale, pourra être considérée comme ne produisant aucun effet; il ne restera que l'excès d'action dû à l'augmentation du nombre des tours; et l'électro-aimant de fait aura plus d'énergie. Ainsi s'explique cette contradiction apparente d'une même cause produisant des effets opposés dans un petit et dans un long circuit.

En résumé, l'exécution en grand offre ici, comme dans beaucoup d'autres circonstances, de notables avantages. Combien de magnifiques inventions auraient été accueillies avec la faveur qu'elles méritaient si on les avait jugées d'après les principes que nous venons de rappeler! Il est absurde sans doute d'affirmer généralement que ce qui réussit en petit réussira en grand; mais il n'y a pas moins d'absurdité, et il y a souvent plus d'injustice à dédaigner une invention dont le succès peut avoir de grandes conséquences sous prétexte qu'elle n'a encore réussi que sur une petite échelle. Si M. Wheatstone s'était laissé effrayer par la diminution énorme que l'imperfection des contacts doit produire dans les effets d'aimantation des instruments de nos cabinets, il n'aurait peut-être pas osé croire au bon emploi des machines électro-magnétiques pour la transmission des signaux, et la télégraphie électrique ne serait pas encore réalisée.

## CHAPITRE III.

De la terre considérée dans ses rapports avec la transmission des courants électriques.

J'aurai, dans cette section, trois études importantes à analyser. Des expériences certaines démontrent, en effet : 1° que la terre est jusqu'à un certain point conductrice de l'électricité ; 2° qu'elle peut même à la fois l'engendrer et la transmettre ; 3° qu'elle détermine enfin sa transmission par une action particulière qu'il importe grandement de définir, et dont on peut se faire tout d'abord une idée nette en disant que la terre, réservoir immense, dissimule l'électricité qu'elle a reçue, en la faisant se perdre dans son sein. Je suivrai encore cette fois la marche historique, et j'enregistrerai d'abord par ordre de date les expériences et les recherches relatives à la conductibilité de la terre.

Expériences de Aldini, Erman, Basse, Watson, Steinheil, Cooke. — J'ai déjà rappelé les belles expériences d'Aldini et de Watson. Erman et Basse en firent de semblables, le premier sur la rivière Havel, près Potsdam, le second sur la rivière Wern, aux environs de Hamel.

Le conducteur du télégraphe construit à Munich en 1837 était formé d'un fil de cuivre d'une lieue trois quarts d'Allemagne, terminé à ses deux extrémités par deux plaques de cuivre enfoncées dans la terre. Or, dit M. Steinheil, « quoique la terre ne soit que peu douée de la faculté conductrice en comparaison des métaux, le courant galvanique traversait la distance dont il vient d'être parlé avec une résistance d'autant plus petite qu'on augmentait davantage la surface des plaques enterrées. » M. Steinheil, comme on le voit, attribuait la transmission du courant à la conductibilité de la terre : j'ai déjà dit que cette expérience constituait par elle-même une très-grande découverte. M. Bain ne veut pas absolument que le savant physicien bavarois l'ait précédé dans une carrière qu'il prétend avoir parcourue le premier. Si, dit-il, M. Steinheil avait constaté ce fait en 1837, il en serait fait mention dans les *Annales de Poggendorff* : or,

M. Poggendorff n'en dit pas un mot, donc l'expérience n'a pas été faite. Il est vrai que M. Poggendorff, je ne sais pourquoi, a gardé le silence sur le télégraphe de M. Steinheil; mais les *Comptes-rendus de l'Académie des sciences* et un grand nombre d'autres recueils renferment la note que j'ai reproduite dans l'histoire de la télégraphie, chapitre second, page 80.

Dans une note lue en avril ou mai 1843, dans une réunion de la Société des arts, M. Cooke, l'associé de M. Wheatstone, disait que deux ans auparavant, c'est-à-dire en 1841, quatre ans après M. Steinheil, il avait constaté par des expériences positives et pleinement satisfaisantes, exécutées d'abord sur le chemin de Blackwall, et ensuite sur les voies de fer de Manchester et Leeds, que la terre pouvait remplacer pleinement la moitié du fil conducteur, ou le fil conducteur de retour, sans qu'on eût à craindre que le courant, s'échappant par des substances conductrices moins isolées et d'un trajet plus court, ne revînt pas au point de départ. Il concluait de ce fait que la terre était parfaitement isolée; c'était en même temps la considérer comme conductrice de l'électricité. Voici textuellement ses paroles : « La terre agissant comme un grand réservoir d'électricité, ou, sous quelques rapports comme un excellent conducteur, la résistance offerte à la transmission du fluide électrique est grandement diminuée, et la pile peut agir à une bien plus grande distance avec un fil conducteur d'un plus petit diamètre. »

Expériences de M. Bain. — M. Bain ne veut pas non plus que MM. Cooke et Wheatstone aient répété en 1841 les expériences faites par M. Steinheil en 1837. Il voudrait avoir découvert le premier, en juin 1842, 1° qu'on trouverait beaucoup d'avantages à utiliser les réservoirs d'eau naturelle ou la terre humide pour remplacer dans les télégraphes électriques la moitié du circuit voltaïque; 2° que, si l'on attache aux deux extrémités d'un fil métallique deux larges surfaces de métal, et qu'on mette ces surfaces en contact avec l'eau ou le sol humide, ce double contact donnera immédiatement naissance à un courant qui ira, dit-il, du fil à l'humide et de l'humide au fil. Il ajoute que ces deux faits furent consignés à cette époque dans tous les recueils périodiques de Londres, et que personne ne réclama contre la priorité de cette découverte, qu'il ne voudrait partager qu'avec M. Wright.

Il est évident que M. Bain ne peut pas même réclamer la gloire de

la seconde expérience; M. Gauss, comme je l'ai prouvé, a réellement constaté le premier l'apparition d'un courant électrique dans un fil mis en communication avec le sol par de larges surfaces fixées à ses extrémités, ce qui constitue un fait réellement important. Deluc, dit-on, avance quelque part dans l'un de ses ouvrages que, si l'on pouvait joindre la lune à la terre par un conducteur métallique, ce conducteur serait parcouru par un courant électrique : c'est une grande et belle idée, mais qui alors ne s'appuyait sur rien. On ajoute même que Deluc, dans cet énoncé, considérait la terre et la lune comme deux vastes réservoirs qui, par leur capacité absorbante, détermineraient la circulation et la manifestation du courant. Cette assertion m'étonne, car elle établirait pour Deluc une prévision que l'on pourrait classer parmi les divinations du génie.

Quoi qu'il en soit de ces questions de priorité, on retrouvera ici avec plaisir le résumé rapide des expériences faites par M. Bain sur la rivière Serpentine, dans Hyde Park, en 1842.

Il avait vu en 1841 que, si un conducteur fermé, mis en communication d'une part avec les deux pôles d'une pile, de l'autre avec les extrémités du fil d'un électro-aimant, n'était pas parfaitement isolé dans son passage à travers une masse d'eau, le pouvoir d'attraction de l'électro-aimant ne cessait pas quand on venait à rompre le circuit. Ce fait complexe n'a rien de surprenant; il devint la cause occasionnelle des expériences suivantes.

1° Sur l'un des bords de la rivière on avait placé une pile de six éléments, sur l'autre un électro-aimant; deux fils partant des pôles de la pile traversaient la rivière et se rattachaient aux extrémités du fil de l'électro-aimant. Si l'on rompait le circuit en détachant le fil d'un des pôles de la pile, l'attraction de l'électro-aimant ne cessait pas entièrement : si on rompait le circuit en détachant le fil de l'électro-aimant, l'attraction cessait sur-le-champ, l'armature se détachait d'elle-même, mais quand, après quelques minutes, on la rapprochait elle s'y fixait de nouveau.

2° A la place de l'électro-aimant on installait dans le circuit un galvanomètre; les déviations de l'aiguille remplaçaient l'attraction du fer doux.

3° On n'employait qu'un seul fil conducteur dont les extrémités roulées en spirale plongeaient dans l'eau de la rivière; on plaçait dans le circuit, sur le rivage, une pile et un galvanomètre. Le circuit était,

dans cette disposition, complété par l'eau interposée entre les deux extrémités du conducteur; le courant se transmettait parfaitement, et cessait immédiatement quand le circuit était rompu.

4° L'une des extrémités du conducteur, roulée en spirale, plongeait dans la rivière, l'autre plongeait dans un puits situé sur le rivage, à la distance de 150 mètres : la pile et le galvanomètre étaient encore placés dans le circuit : le courant passait très-librement, quoique la seconde moitié du conducteur se composât de l'eau du puits, de sa paroi, de la terre et de l'eau de la rivière.

5° L'une des extrémités du conducteur, terminée par une surface de métal électro-négatif, plongeait dans un premier réservoir; l'autre extrémité, terminée par une surface de métal électro-positif, plongeait dans un second réservoir; il n'y avait plus de pile, le galvanomètre seul était placé dans le circuit que complétait la portion de sol comprise entre les deux réservoirs : la déviation de l'aiguille constata la présence d'un courant énergique. Cette expérience fait honneur à M. Bain, qui ne connaissait pas les essais faits à Gœttingue par M. Gauss.

6° Les deux plaques métalliques, cuivre et zinc, plongeaient dans la rivière Serpentine et d'un même côté; le courant allant du zinc au cuivre était très-intense.

7° Les deux plaques plongeaient encore dans la rivière, mais l'une d'un côté, l'autre de l'autre; le fil conducteur traversait la rivière; une partie du courant se perdait dans l'eau.

8° Une plaque de cuivre était enfoncée en terre dans Hyde-Park; à plus d'un mille de là, une plaque de zinc plongeait aussi dans le sol : les deux plaques étaient réunies par un fil conducteur; on plaçait un galvanomètre dans le circuit; on voyait aussitôt se manifester un courant plus ou moins intense, suivant que la surface des plaques était plus ou moins grande et que le sol était plus ou moins humide.

MM. Wright et Bain avaient cru que cette source nouvelle d'électricité serait assez abondante pour pouvoir, dans une multitude d'applications, dans la télégraphie électrique par exemple, remplacer la pile ou les appareils électro-magnétiques : c'était évidemment une exagération; les effets obtenus jusqu'ici sont sans importance réelle. La plus curieuse des applications exécutées en ce genre par M. Bain

est un pendule qui réalise autant qu'on peut le faire l'idée chimérique du mouvement perpétuel ; je le décrirai plus tard.

Après les expériences de MM. Wright et Bain vinrent celles de M. Wheatstone sur la Tamise ; nous en avons déjà parlé. Elles nous conduisent aux essais faits en 1844 par M. Matteucci. Voici quels en furent les résultats.

EXPÉRIENCES DE M. MATTEUCCI. — *Première série.* — « Je pouvais disposer dans ces expériences d'un fil de cuivre long de 4 kilom., 160; c'était le fil n° 8 du commerce, pesant 4gr. 690 par mètre courant. Le galvanomètre employé était le galvanomètre comparable de Nobili... J'ai étendu le fil au-dessus d'une longue prairie ; il était soutenu par de minces pieux en bois hauts d'un mètre environ, et recouverts de trois couches de vernis... Ma pile était un élément de Bunsen.... Elle est restée constante pendant plusieurs jours... J'ai fait plonger dans un puits une grande lame de fer à laquelle était soudé le fil de cuivre : la surface de cette lame en contact avec l'eau était d'environ trois mètres carrés; une seconde lame semblable, soudée à l'autre extrémité, plongeait également dans un autre puits. Dans une première expérience les deux puits étaient à la distance de $15^m24$ : j'ai fermé d'abord le circuit sans l'adjonction de la pile et avec le seul galvanomètre ; j'ai eu une déviation de 4 ou 5 degrés, qui a diminué ensuite sans jamais disparaître entièrement : j'ai introduit la pile dans le circuit en partant de zéro, et la déviation obtenue m'a donné la longueur réduite en fil de cuivre qui représentait la résistance de la portion du circuit composé des lames, de l'eau des puits et de la couche de terre; cette résistance était de 470 mètres du fil de cuivre. J'ai eu recours à deux puits plus éloignés, distants de 209 mètres, et j'ai comparé l'intensité des deux courants lorsque j'avais dans le circuit : 1° 209 mètres de fil et la terre comprise entre les deux premiers puits, éloignés l'un de l'autre de 15 mètres; 2° les mêmes 209 mètres de fil et la terre entre les deux seconds puits, distants de 209 mètres. J'ai obtenu dans les deux cas exactement le même courant. J'ai ajouté, soit dans un cas, soit dans l'autre, des longueurs variables de fil de cuivre, et j'ai trouvé la résistance produite par ce fil telle qu'elle est donnée par la théorie... Dans une troisième expérience, le circuit se composait de 352 mètres de fil et de la terre comprise entre les deux puits, distants de 300 mètres : la pile employée donnait dans ce cas d'une manière constante, dans le circuit additionnel, 26 degrés. Dans

une quatrième expérience, j'avais 650 mètres de fil et la terre comprise entre les deux puits, distants de 209 mètres; la déviation a été de 17°. Dans la troisième expérience, j'avais dans le circuit plus de terre et moins de fil; dans la seconde, moins de terre et plus de fil. Il en résulte évidemment qu'une couche de terre plus ou moins longue présente la même résistance...; et qu'en opérant à des distances plus grandes, cette résistance de la terre disparaît.

» Ces premières expériences m'ont engagé à opérer plus en grand; je me suis rendu pour cela sur la grande route qui traverse, par une longueur de quatre milles trois quarts, le parc du Grand-Duc, tout près de Pise... Les résultats obtenus peuvent se formuler de la manière suivante. En faisant circuler un courant dans un fil de cuivre long de 2932 mètres, et à travers une couche de terre de la même longueur, la diminution qui a lieu dans l'intensité du courant est telle qu'il faut non-seulement regarder comme nulle la résistance de la couche terrestre, mais encore qu'il faut regarder la résistance du fil de cuivre qui entre dans le circuit comme moindre que celle qui est présentée par ce même fil lorsqu'il entre seul dans le circuit. Ce fait est singulier... : je crus d'abord que les seules lames plongées dans les puits donnaient un courant sans la pile; je fermai donc le circuit avec la terre et le fil sans pile...; la déviation ne dépassait pas un degré et ne tardait pas à disparaître... Je crus alors à l'intervention d'un courant dérivé des courants terrestres d'Ampère...; mais, dans quelque direction que le fil fût tendu, la déviation resta la même...

» Le sol de Pise est en grande partie formé d'un terrain d'alluvion, dans lequel on trouve l'eau à quelques mètres sous terre; j'ai voulu faire des expériences dans un sol différent : je me suis rendu pour cela sur les collines de Crespina... Les résultats ont confirmé les faits observés d'abord sur le sol de Pise... De plus, au lieu de la pile et des lames de fer, j'ai attaché au bout du fil d'une part une lame de zinc, de l'autre une lame de cuivre : chacune de ces lames avait un demi-mètre carré de surface, lorsque le fil était long de 2932 mètres j'avais un courant de 4 degrés. »

J'ai rappelé avec détail les premières recherches de M. Matteucci, parce que le savant Italien y attache une grande importance. Il affirme, page 70 de son *Manuale di telegraphia elettrica*, Pise, 1850, qu'il a démontré le premier rigoureusement, dans ses expériences de Pise 1844, que dans tout circuit mixte, c'est-à-dire formé d'un fil

de métal et de terre, la résistance au passage du courant est sensiblement celle produite par la seule portion métallique du circuit. Je n'ai pas, comme M. Matteucci, le sentiment de ses droits à la priorité d'une démonstration complète ; il me semble que Steinheil avait tout dit, quoique d'une manière moins explicite. Un vieil adage veut que qui prouve trop ne prouve rien : or, M. Matteucci était arrivé à conclure de ses expériences que, lorsqu'un courant est transmis par un circuit composé en partie d'un long fil de cuivre et d'une longue couche de terre, la diminution d'intensité du courant, par la résistance de ce circuit mixte, est moindre que celle qu'elle aurait éprouvée de la résistance du seul fil de cuivre. C'est un peu trop.

M. Matteucci a eu du moins un mérite, celui de provoquer les grandes expériences de Milan, dont nous allons maintenant rendre compte en reproduisant le mémoire publié à ce sujet par M. Magrini.

Expériences de M. Magrini. — Le long du chemin de fer qui conduit de Milan à Monza, quatre fils furent tendus sur une distance de 13 kilomètres; deux de ces fils étaient en fer de 1 millimètre 2/10 de diamètre, et les deux autres en cuivre de 5/8 de millimètre de diamètre. De cette manière les sections des deux métaux étaient presque en proportion inverse de leur conductibilité. Ces fils, qui représentaient ensemble un circuit de 52 kilomètres, étaient soutenus par des pieux en bois sec auxquels étaient attachés des brochettes en fer couvertes de taffetas gommé; on arrêtait les fils en leur faisant faire deux tours sur ces brochettes.

Après plusieurs expériences exécutées avec un très-grand soin, il fut reconnu que l'isolement des fils pouvait être considéré comme physiquement parfait tant que ces fils seraient parcourus par des courants de faible intensité, tels que sont les courants telluriques, et ceux que produit une pile à la Bagration, dont M. Magrini s'est ordinairement servi.

Voici quelques-uns des principaux résultats obtenus :

1° Une lame de métal ensevelie dans la terre humide ou dans l'eau, en communication avec la masse entière du globe, perd l'équilibre électrique, et rend libre une partie de son électricité naturelle, de manière que, si l'on attache à la même lame un appendice de fil métallique qui s'allonge de plusieurs milles, et qui soit isolé dans l'atmosphère, la rupture de l'équilibre ou le mouvement électrique se communique à ce fil, produisant ce que l'on est convenu de nommer un

courant électrique, qu'on pourrait appeler ici *courant tellurique.*

2° L'intensité de ce courant diminue à partir de l'origine du fil avec une progression très-rapide en s'éloignant de la lame; mais au delà d'une certaine distance, la diminution procède avec lenteur. Vers l'extrémité libre du fil, le mouvement s'éteint, c'est-à-dire qu'il n'est plus sensible aux instruments.

La propagation de ce mouvement paraît analogue à la propagation du calorique dans les corps bons conducteurs.

3° Le fil de fer et le fil de cuivre ne se comportent pas, à cet égard, de la même manière : la loi du décroissement est plus rapide et moins régulière dans le fer que dans le cuivre.

4° Lorsque l'on expérimente à une distance toujours déterminée de la lame, l'on peut augmenter jusqu'à une certaine limite l'intensité du courant en allongeant le fil.

5° La force du courant augmente jusqu'à une certaine limite quand on augmente la surface de la lame.

6° L'intensité de ce courant, ordinairement constante dans le même lieu de la terre, varie quand on change le lieu d'immersion de la lame; ces différences sont déjà assez notables d'un kilomètre à l'autre, le long de la ligne de l'appareil.

7° La direction du courant tellurique est intimement liée à la nature du métal dont est formée la plaque ensevelie dans le terrain; une lame de zinc, par exemple, engendre dans les fils un courant qui va en sens contraire de celui qui s'obtient avec une plaque de cuivre.

8° Un fil métallique isolé dans l'atmosphère, et qui se lie par ses deux extrémités à deux lames ensevelies dans la terre, constitue un rhéomoteur dans lequel s'engendrent deux courants : les deux courants sont contraires ou conspirants, selon que les lames sont formées de métaux capables d'exciter le fluide électrique dans le même sens ou dans un sens opposé : c'est-à-dire qu'ils sont contraires lorsque les deux courants montent ou descendent tous deux par le fil, et conspirants lorsque l'un monte tandis que l'autre descend. Dans le premier cas, la résultante est presque égale à la différence des actions élémentaires, le pôle électro-négatif se trouvant toujours du côté de l'action prépondérante. Dans le second cas, la résultante est sensiblement égale à la somme des mêmes actions.

9° Alors même que les plaques sont formées de même métal, qu'elles

ont des surfaces égales et sont également décapées, la cessation de l'équilibre a toujours lieu dans le fil. Le courant qui se révèle en pareil cas ne provient pas d'un défaut d'homogénéité dans les plaques, mais probablement de la qualité de la terre ou de l'eau dans lesquelles elles plongent.

10° Ce qu'il y a de certain, c'est que le courant qui se manifeste dans un fil métallique qui se termine à ses extrémités par deux lames enfoncées dans la terre est formé par la terre même, qui constitue une espèce de pile à la Bagration.

11° Dans un circuit fermé, constitué par deux fils métalliques isolés dans l'atmosphère, il y a courant lorsque le circuit communique avec le terrain humide par la conjonction d'un autre fil métallique qui se termine à son extrémité par une lame ensevelie dans la terre ; M. Magrini appelle *nœud* le point de conjonction.

12° L'intensité du courant est à son maximum près du nœud, diminue en s'éloignant, passe par zéro, change enfin de direction, et présente les mêmes phénomènes en s'approchant du nœud situé de l'autre côté.

13° Le zèro, ou bien le lieu où subsiste l'équilibre, n'est pas disposé tout à fait symétriquement dans le circuit, ce qui provient peut-être d'un défaut d'homogénéité dans toutes ses parties. Cependant, lorsque le circuit s'allonge, la position du zéro tend de plus en plus à devenir symétrique. L'intensité du courant influe aussi sur le déplacement du zéro ; car plus le courant se trouve être faible, plus le point d'équilibre est voisin du point milieu du circuit.

14° Si l'on ouvre le circuit au point où s'est formé le nœud, le courant acquiert une intensité presque double, et conserve dans l'arc métallique une seule direction. Cela fait supposer qu'en partant du nœud, le courant se partage en deux courants qui vont se rencontrer et se neutraliser.

15° Les courants telluriques s'engendrent aussi en sens contraire de la force électro-motrice propre des métaux et des liquides isolés de la masse du globe terrestre. Ainsi une lame de cuivre ensevelie dans la terre excite, dans un fil en cuivre très-long et soutenu dans l'air, un courant comme si ce fil jouait le rôle du zinc d'un couple voltaïque. La lame de cuivre continue d'agir comme pôle négatif, même lorsqu'elle est plongée dans une dissolution de sel ammoniac

contenue dans une auge de terre poreuse et mise en communication avec la masse entière du globe.

16° Une lame de fer qui s'oxyde dans l'eau ou dans l'acide nitrique étendu, en communication avec la masse du globe, produit le même effet, c'est-à-dire qu'elle joue le rôle de pôle négatif aussi bien avec le fil de fer qu'avec le fil de cuivre isolé dans l'air; le courant se comporte comme si le galvanomètre était situé entre le cuivre et le zinc d'un couple voltaïque, le zinc se trouvant constamment du côté du fil isolé dans l'atmosphère.

Ces faits, qui ne se sont jamais démentis, ne sont pas conciliables avec l'hypothèse que la lame unie au fil constitue un couple voltaïque ordinaire dont le courant irait du cuivre au fer.

17° Pour le prouver d'une manière plus éclatante, il suffit d'interrompre la communication de la plaque avec la terre, de prendre une portion de cette terre ou de cette eau, dans laquelle se trouvait immergée la plaque, et de former, au moyen d'une auge isolée, un couple voltaïque entre la plaque de fer et le fil de cuivre : le nouveau courant est de direction contraire à celui que l'on obtient lorsque la plaque est en communication avec le globe terrestre.

18° Parmi les métaux mis en expérience dans le sein de la terre, le platine, le cuivre, le laiton, le fer, la fonte, l'étain, le plomb, sont ceux qui excitent le fluide électrique dans une même direction par rapport à notre globe : dans le langage de Volta, ils peuvent être considérés comme électro-négatifs par rapport aux fils métalliques isolés dans l'air, et comme électro-positifs par rapport à la terre : les deux derniers métaux cependant présentent quelquefois des anomalies dont il serait trop long de parler ici.

19° Le zinc est le seul métal entre les métaux connus qui, dans toutes les combinaisons, fasse constamment circuler le fluide électrique dans une direction contraire au courant produit par les autres métaux. On doit le considérer, en conséquence, comme étant jusqu'ici le seul métal électro-positif par rapport aux fils, et électro-négatif par rapport à la terre.

20° Dans l'état actuel de la science, il paraît que l'on ne peut expliquer ces phénomènes sans attribuer au globe terrestre une force électro-motrice capable de neutraliser celle qui se produit ordinairement entre les métaux et les liquides isolés. Notre planète serait l'électromoteur le plus négatif de tous les métaux déjà nommés, le zinc

excepté, en ce sens qu'il pousserait le fluide dans les autres métaux et le recevrait du zinc.

21° M. Becquerel avait depuis longtemps indiqué aux physiciens la propriété que possèdent les métaux de rendre libre une partie de leur électricité naturelle, et de se mettre en état de tension lorsqu'ils sont plongés dans un liquide. Lorsqu'il existe un moyen de dissiper cette électricité libre ou de la rendre latente, le métal doit se remettre dans son état naturel pour devenir de nouveau électrique, si toutefois le liquide peut aussi reprendre son état primitif et retrouver sa force électro-motrice. Si à la plaque de métal on fixe un fil très-long isolé dans l'air, et qui puisse rendre latente l'électricité qu'il reçoit, on éteindra le mouvement à mesure qu'il sera excité : on comprend dès lors qu'il puisse se produire dans ce fil un courant dont l'intensité ira en diminuant avec rapidité au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la lame.

C'est précisément en cela que consiste le rhéomoteur tellurique ; en effet, le terrain humide, ou l'eau en communication avec la masse du globe, ne conservant jamais aucun degré de tension, et, par conséquent, se retrouvant toujours dans l'état naturel avec une force électro-motrice constante, doit toujours exciter dans la plaque une rupture d'équilibre du fluide neutre, et tendre à maintenir le mouvement, pendant que le fil tend au contraire à rétablir l'équilibre. Il est inutile d'entrer ici dans de plus grandes explications : M. Magrini ajoute seulement que, en interrogeant l'expérience, on pourrait démontrer, avec la rigueur qu'exige la science, qu'un couple voltaïque peut se retrouver dans les mêmes conditions que le rhéomoteur tellurique composé, et produire des courants sans circuit fermé.

22° Lorsqu'on vient à établir, entre le circuit métallique parcouru par un courant voltaïque et la masse de la terre, une, deux ou plusieurs communications simultanées avec des plaques de métaux différents, et qu'on fait varier la position respective des plaques, du galvanomètre et du rhéomoteur, on obtient des phénomènes singuliers et en apparence inconciliables entre eux, mais qui reçoivent une explication facile et naturelle dans l'hypothèse de l'électro-motricité du globe.

23° Une portion de terre interposée entre deux plaques métalliques, jointes ensemble au moyen de fils conducteurs et mises en communication avec les pôles d'une pile voltaïque, oppose au passage

du courant une résistance qui peut être la même, ou plus grande, ou moindre que celle qui serait produite par un fil métallique très-fin de même longueur ; le rapport des deux résistances dépend de la nature ou de la grandeur de la lame.

24° En général, la résistance du terrain diminue jusqu'à une certaine limite, lorsqu'on vient à augmenter la surface des plaques qui sont plongées dans son sein.

25° Il en résulte que, dans un circuit mixte, c'est-à-dire formé en partie par le fil métallique et en partie par la terre, le courant peut acquérir plus d'intensité que dans un circuit tout métallique de même longueur.

26° On n'a pas vu cependant qu'avec l'intermédiaire de la terre, la résistance opposée par le fil métallique qui fait partie du circuit puisse diminuer, comme M. Mateucci l'avait déduit de ses premières expériences.

27° Il n'est pas prouvé non plus qu'un intervalle de terre plus ou moins long présente la même résistance, comme l'expérimentateur de Pise semblait l'affirmer.

M. Magrini croit avoir démontré, par une longue série d'expériences variées de plusieurs manières, que, lorsque la terre intervient dans un circuit voltaïque, elle se comporte comme des conducteurs ordinaires, et qu'à la terre comme à tout autre conducteur peut être appliquée la loi exprimée par la formule de M. Ohm.

Il a trouvé, dit-il, que la terre présente une résistance *moyenne* équivalente à celle de 260 mètres de son fil, pour chaque kilomètre de distance, et que la *résistance de passage*, qu'on peut considérer comme constante, correspond à peu près à 200 mètres du même fil.

Il ajoute que le professeur Mateucci, expérimentant sur de très-courtes distances, quelques centaines de mètres, et avec un galvanomètre peu sensible, n'a pas dû pouvoir constater cette résistance.

28° Dans un circuit de 52 kilomètres, formé moitié fer, moitié cuivre, les courants telluriques produits par des plaques de platine, de cuivre, de zinc, de charbon, de manganèse et de fer, en contact avec l'acide nitrique étendu, ont une plus grande intensité lorsque le point de jonction des lames se trouve entre le *galvanomètre* et le fer que lorsque ce point se trouve entre le galvanomètre et le cuivre du circuit fermé.

29° Lorsque le circuit est rompu au point de jonction de la lame

avec l'hélice du galvanomètre, l'intensité augmente lorsque le courant sortant du galvanomètre entre premièrement dans le cuivre et ensuite dans le fer.

30° Dans les deux cas cités, nous avons, au contraire, un affaiblissement des courants, lorsque ceux-ci sont produits par l'enfouissement dans la terre d'une plaque d'étain, de plomb et même de fer, dans l'état ordinaire.

31° Si l'on dispose tour à tour des fils de l'appareil, soit pour allonger le circuit, soit pour accroître sa section en formant un seul faisceau, on observe que les courants telluriques, qui augmentent d'intensité quand on allonge les fils, augmentent plus encore lorsqu'on fait croître la section; c'est-à-dire qu'il vaut mieux doubler, par exemple, la section en accouplant deux fils, que de les mettre bout à bout pour doubler la longueur.

32° Si l'on place trois fils assez courts de manière à diriger dans le même temps deux courants voltaïques inégaux, indépendants entre eux et de force constante, sur deux galvanomètres séparés, ceux-ci indiquent simultanément par la position des aiguilles les mêmes déviations qui se manifestent lorsque les circuits sont formés séparément. Dans ce cas, un même conducteur, le fil intermédiaire ou central, se trouve à la fois en communication avec le pôle cuivre d'un rhéomoteur et avec le pôle zinc d'un autre rhéomoteur; il doit donc donner passage, c'est-à-dire servir de véhicule à deux courants simultanés, inégaux et contraires, sans altération sensible. L'expérience prouve que ce conducteur jouit en effet de cette singulière propriété.

33° Si le pôle cuivre d'un couple voltaïque, à force constante et isolé, communique avec un fil de métal très-long qui, d'un côté, s'étend dans l'atmosphère, sans communication avec le sol; et si le pôle zinc du même couple se joint avec un autre fil aussi isolé qui s'étend également de l'autre côté, il se manifeste dans les deux fils deux courants intenses de force constante et de directions contraires, quoique le circuit ne soit pas fermé, qu'aucune partie du système ne se trouve en communication directe avec la terre, et qu'il n'y ait pas de contact métallique entre les deux plaques qui constituent les pôles du rhéomoteur. Le long des fils, l'intensité des courants varie avec la distance aux pôles, selon la loi déjà indiquée.

EXPÉRIENCES DE M. MATTEUCCI. — *Seconde série. Comptes-rendus* du 12 mai 1845 : lettre à M. Arago. « J'espère que vous

lirez avec quelque intérêt les nouvelles expériences que je viens de tenter encore une fois sur l'emploi de la terre comme conducteur télégraphique. Les expériences de M. Magrini m'ont paru si extraordinaires et conduire à des résultats si nouveaux pour la science, que j'ai commencé par répéter ces expériences en employant pour l'isolement du fil tout le soin possible. J'ai de nouveau suspendu mon fil de cuivre n° 8 du commerce sur une des grandes routes du parc du grand-duc, près de Pise : les pieux en bois sec par lesquels je soutiens le fil ont été entièrement couverts de dix couches de vernis à l'essence de térébenthine, et laissés pendant plusieurs jours au soleil : ces pieux sont fixés dans le sol à la distance de 8 à 10 mètres les uns des autres ; il faut avoir soin de ne pas les laisser étendus par terre avant de les fixer : la longueur du fil que j'ai tendu était de 1,740 mètres : chaque pieu étant haut de $1^{m},50$, le fil est élevé au-dessus du sol d'au moins 1 mètre. Il faut parcourir toute la ligne avant de commencer l'expérience, pour bien s'assurer que le fil n'est touché en aucun point par des corps plus ou moins conducteurs qui communiquent avec la terre. Pour m'assurer de l'isolement, j'ai fait une première expérience en interrompant le fil près d'une de ses extrémités, et en introduisant un galvanomètre et une pile de quatre éléments de Bunsen chargée avec de l'eau légèrement acidulée : par excès de précaution, le galvanomètre et la pile posent sur une lame de verre recouverte de vernis ; le galvanomètre était à fil long et à aiguille parfaitement astatique ; c'est un galvanomètre de M. Rumkorf ; l'aiguille est toujours revenue au zéro.

» L'isolement parfait du fil une fois constaté, je le faisais toucher par des mains bien essuyées en deux points différents entre lesquels se trouvaient le galvanomètre et la pile : aussitôt l'aiguille était poussée vers 90 degrés. J'ai ôté ensuite la pile en laissant le galvanomètre. A une des extrémités du fil, j'ai lié une plaque de zinc que j'ai descendue dans l'eau d'un fossé, jusqu'à la plonger entièrement, en la soutenant avec une corde isolante... On avait ainsi une plaque de zinc dans l'eau, réunie à un fil de cuivre long de 1,740 mètres, et parfaitement isolé du sol : le galvanomètre faisait partie du fil conducteur et se trouvait placé à l'extrémité qui se terminait par la lame. Il y a des précautions à observer pour que l'expérience puisse être concluante. Si le fil qui communique avec la plaque est déjà réuni au galvanomètre, et qu'en prenant l'autre bout du fil avec la main, on vienne à toucher l'autre

extrémité du galvanomètre, on a un courant qui dure pendant tout le temps que l'on tient à la main le bout du fil. Le circuit est complété par l'eau, la terre, le corps de l'observateur, le fil de cuivre, le galvanomètre et la plaque de zinc : mais ce courant cesse aussitôt qu'on cesse de toucher le fil avec la main. Pour se mettre à l'abri de ce courant, il faut commencer par réunir l'extrémité du long fil de cuivre isolé avec un des bouts du fil du galvanomètre, puis réunir avec l'autre bout du fil du galvanomètre le fil qui va à la plaque. Ces précautions prises, on n'observe aucune trace de courant aussi longtemps qu'on tient l'extrémité du long fil avec un manche isolant. Au lieu de la plaque de zinc, j'en ai mis une de fer, puis de cuivre, d'étain, d'argent ; jamais il n'y a eu aucune trace sensible de courant. Il est donc bien prouvé qu'un fil de cuivre parfaitement isolé du sol, long de 1,740 mètres, terminé par une extrémité dans l'air, lié par l'autre avec une lame métallique quelconque plongée dans l'eau d'un puits ou d'un fossé, n'est jamais parcourue par un courant sensible au galvanomètre très-délicat que j'ai décrit.

» J'ignore les modifications que peuvent subir ces conclusions si l'on employait un fil long de plusieurs kilomètres, mais il me semble que l'on peut les prévoir. Dans la disposition précédente, on obtient un courant aussitôt qu'un corps quelconque en communication avec le sol touche le fil, et l'intensité du courant varie avec la conductibilité du corps qui touche le fil. En employant des pieux qui avaient été jetés sur le sol encore couvert de rosée, on avait des signes de courant avec la disposition que j'ai décrite, c'est-à-dire avec la lame métallique plongée dans l'eau. Dans une autre expérience, l'isolement était parfait au commencement, et il n'y avait pas de courant : la pluie étant venue, l'isolement ne fut plus parfait, comme on devait s'y attendre ; alors les signes du courant apparurent et persistèrent »

Nous passons le paragraphe relatif à la direction du courant, qui intéresse moins la télégraphie, et n'apprend rien qu'on ne pût prévoir.

« Venons maintenant à une autre expérience très-simple et qui semble aussi fort importante pour la télégraphie électrique. Mon fil, long de 1,740 mètres, parfaitement isolé, est terminé par deux lames en fer-blanc plongées dans l'eau de deux fossés, qui sont à la distance à peu près de la longueur du fil ; les deux fossés ne communiquent pas directement ensemble. J'avais dans le circuit une pile de quatre couples de Bunsen et le galvanomètre comparable de Nobili. Dans

une première expérience, la pile et le galvanomètre étaient à côté l'un de l'autre, à une des extrémités du fil ; dans une seconde expérience, la pile est restée en place, et le galvanomètre a été porté à l'autre extrémité : l'aiguille s'est fixée à 27 degrés exactement dans les deux cas, ce qui prouve le parfait isolement du fil. Alors j'ai fait enlever tous les pieux, et le fil a été étendu dans toute sa longueur sur la terre couverte de gazon : l'aiguille du galvanomètre s'est fixée également à 27 degrés, comme précédemment, soit que le galvanomètre fût à côté de la pile, soit qu'il fût à l'autre extrémité. On voit donc que l'isolement a été parfaitement inutile dans cette expérience, et que le courant a été transmis de la même manière par le circuit mixte, soit que le fil en cuivre fût isolé, soit qu'il ne le fût pas. Il ne faut pas croire qu'il doive en être ainsi avec des circuits plus longs, et dans d'autres terrains moins humides : mes autres expériences l'ont assez prouvé.

» Ce qui est certain et ce qui résulte aussi de mes premières expériences, de celles faites à Milan, et plus récemment en Angleterre sur une ligne de 88 milles avec plusieurs milles de terre, c'est que la résistance d'un circuit mixte, fil et terre, est moindre que celle du circuit de la même longueur tout en fil de cuivre. Cela n'empêche pas qu'en faisant une suite d'expériences dans lesquelles on introduit des longueurs très-grandes et variables de terre, on ne puisse parvenir à mettre en évidence la résistance de la terre, qui ne s'est pas montrée quand j'opérais sur des longueurs qui n'ont pas dépassé 2,000 mètres. M. Magrini, en expérimentant sur des longueurs de plusieurs kilomètres, croit avoir constaté cette résistance, et il donne, pour l'équivalent de 1 kilomètre de terre, 273 mètres de son fil en cuivre. Il serait à désirer que ces expériences fussent répétées et que les conclusions fussent déduites de différences plus grandes dans les déviations de l'aiguille du galvanomètre. En effet, je trouve dans le mémoire italien de M. Magrini, les expériences suivantes. Son circuit était composé de 4 kilomètres de fil, et de 1, puis de 2, de 3 et, enfin, de 4 kilomètres de terre. Les déviations moyennes qu'il rapporte sont les suivantes : 22 5/8, 21 11/16, 21, 20 : or je ne sache pas qu'en lisant le galvanomètre on puisse répondre d'une fraction de degré lorsque l'aiguille a elle-même un diamètre plus grand que l'intervalle de 1 degré. Je persiste donc, jusqu'à ce que de nouvelles expériences m'aient fait changer d'opinion, à regarder la résistance opposée par la terre au courant électrique comme nulle ou presque nulle, excepté celle

que l'on rencontre au premier passage ou changement de conducteur, qui est constante, quelle que soit la distance entre les deux points. Le résultat singulier auquel j'étais parvenu l'an passé, c'est-à-dire que dans un circuit mixte, fil et terre, dans lequel il y a au moins 2,000 mètres de terre, la résistance serait moindre que celle due au seul fil de cuivre, a été vérifié de nouveau dans la même localité ; je l'ai trouvé, et je le trouve encore si extraordinaire, que j'invoque de nouvelles expériences à ce sujet. Il est bien possible que l'effet soit dû à un faible courant, développé par les deux lames extrêmes, qui persiste toujours, et qui circule avec celui de la pile. »

M. Matteucci, dans les dernières pages de sa lettre, indique, en parlant de quelques expériences qu'il a faites sur l'Arno, comment il comprend qu'on pourrait établir une communication télégraphique entre Calais et Douvres. M. Wheatstone avait eu avant lui cette idée, et il proposait de la réaliser par des moyens plus efficaces; ceux de M. Matteucci ne réussiraient pas.

Expériences de M. Bréguet. — Chargé de suivre l'exécution du télégraphe électrique de Paris à Rouen, M. Bréguet fils a fait une série d'observations importantes sur l'intensité du courant électrique parcourant les fils de cuivre et de fer placés sur la ligne. Il employa d'abord la pile dite de Daniel, à sulfate de cuivre, et la remplaça plus tard par celle de Bunsen, qui, avec un plus petit nombre d'éléments, présente une intensité suffisante.

Voici comment on procédait : Une pile étant à Paris, l'un de ses pôles communiquait avec la terre, au moyen d'un fil terminé par une large plaque plongée dans un puits; l'autre pôle communiquait au fil de la ligne ; et l'extrémité de celui-ci, à Rouen, plongeait de même dans un puits : ainsi, dans ce cas, le circuit était formé moitié par la terre et moitié par le fil. On se procurait aussi à volonté un circuit tout métallique avec les fils de cuivre dont chaque extrémité, à Paris, était unie à un des pôles de la pile, pendant qu'à Rouen les deux extrémités étaient réunies ensemble.

Des opérations semblables étaient faites à Rouen, où une pile avait été également placée.

M. Bréguet avait construit deux boussoles des sinus; elles étaient bien comparées, et l'on pouvait répondre de leur exactitude à quelques minutes près. Le courant, soit qu'il partît de Paris ou de Rouen, traversait en même temps les deux boussoles. M. Bréguet a ainsi mesuré,

dans vingt-huit expériences, les intensités du courant à Paris et à Rouen, quand un courant traversait le fil de cuivre et la terre, deux fils de cuivre réunis, ou un fil de fer et la terre. Il a de plus calculé les rapports d'intensité du même courant au même moment pour les deux stations extrêmes, et constaté que ces rapports restent sensiblement les mêmes, quels que soient l'état de l'atmosphère et le nombre des éléments.

Une étude approfondie de la théorie d'Ampère nous avait amené irrésistiblement à affirmer :

1° Que si les deux extrémités du fil conducteur sont plongées dans la terre, le courant sera tout aussi bien établi qu'avec un circuit métallique fermé ;

2° Que l'intensité du courant, dans le premier cas, c'est-à-dire quand la moitié du conducteur est remplacée par la terre, doit être double de ce qu'elle serait si le courant revenait par un second fil égal au premier. Or, les expériences de M. Bréguet ont confirmé pleinement ces prévisions théoriques. Si l'on prend, en effet, la moyenne de ses expériences, on trouve pour l'intensité, à Paris, du courant transmis 1° par un fil de cuivre et la terre 56,8, 2° par un double fil de cuivre 29,1 ; or, ce dernier nombre est sensiblement la moitié du premier. A Rouen, ces mêmes intensités moyennes étaient respectivement 35,5 et 17,8, et leur rapport est encore sensiblement égal à 2. Il y a dans les deux cas une petite différence, le second nombre est toujours un peu plus grand que la moitié du premier, et cela devait être ; car, quand le courant revenait par la terre, les fils de cuivre s'allongeaient des deux portions qui allaient aboutir aux plaques plongées dans le sol, et créaient une résistance dont il faut tenir compte.

M. Matteucci a retrouvé à Pise les mêmes rapports constatés de Paris à Rouen par M. Bréguet. L'intensité du courant transmis par un seul fil de cuivre long comme la distance de Pise à Pontedera était avec quatre éléments 0,5447 ; avec cinq éléments 0,6756 ; avec six éléments 0,8013 ; quand le courant allait par le fil de cuivre de Pise à Pontedera, et revenait de Pontedera à Pise par la terre, les intensités avec les mêmes nombres d'éléments étaient respectivement 0,5447, 0,6756, 0,7986, c'est-à-dire exactement les mêmes ; la résistance de la terre était nulle. De Pise à Empoli, distance de 66 milles, les intensités pour un seul fil, avec huit, dix, douze éléments, étaient

respectivement 0,2171, 0,2587, 0,3090 ; pour le fil et retour par la terre 0,2249, 0,2756, 0,3420 ; la terre augmentait l'intensité au lieu de la réduire. L'expérience suivante est exprimée sous la même forme que celles de M. Bréguet : avec douze éléments, et quand le courant allait de Pise à Florence par un fil de fer, et revenait de Florence à Pise par la terre, les intensités mesurées trois fois ont été 0,4279, 0,4142, 0,4226 ; quand le courant allait par un fil et revenait par un second fil égal au premier, les intensités ont été 0,2122, 0,2164, 0,2250, ou sensiblement dans la proportion du simple au double.

EXPLICATION ET THÉORIE. — Voilà donc un phénomène bien précis et vraiment frappant : quand on interpose la terre dans le circuit, l'intensité du courant est doublée tout à coup, et cela quelle que soit la substance du fil conducteur et quelle que soit la nature du sol entre les deux stations. Si M. Bréguet avait eu à sa disposition un double fil de fer, ou s'il avait expérimenté dans les terrains primitifs des Alpes, il aurait obtenu le même résultat ; et du tableau où il a enregistré les intensités du courant, terre et fer, on pourrait conclure celles d'un double circuit de fer. Exprimé sous la forme que nous venons de lui donner, ce fait entrevu par MM. Bain, Steinheil, Matteucci, et mal désigné sous le nom de conductibilité de la terre, paraît tellement paradoxal, qu'aucun des savants physiciens auxquels nous en avons parlé, en Angleterre ou en Allemagne, ne voulait y croire ; il n'a rien moins fallu, pour le leur faire admettre, que l'évidence des chiffres donnés par M. Bréguet.

Quand une masse énorme de terre fait partie du courant, tout se passe donc comme si cette masse n'existait pas ; comme si le fil métallique, dont les deux extrémités plongent dans le sol, était seul parcouru par le courant. On crut tout d'abord expliquer suffisamment ce résultat inattendu, en disant simplement que la terre, dans ces circonstances, est un conducteur dont la section est infinie, et qui n'oppose par conséquent aucune résistance au passage du courant. Mais cette explication, nous en avons la conviction intime, n'est qu'apparente, et il faut pénétrer plus avant dans l'essence du mystère : approfondissons-le. Voudrait-on croire qu'à l'extrémité du conducteur métallique le courant se continue ; que la quantité finie, appréciable de fluide électrique, qui est parvenue à cette extrémité, va décomposant de proche en proche toute la masse de fluide neutre comprise dans le globe, et qu'après une série de décompositions opérées entre

les deux stations, la molécule libre de fluide positif ou négatif retrouve enfin la seconde extrémité du fil, ou la seconde plaque, et revient ainsi au second pôle de la pile pour s'y faire neutraliser ?

On pourrait nommer des savants de premier ordre que cette hypothèse n'effraie pas, qui affirment hardiment qu'il suffit de plonger dans la terre les extrémités d'un circuit voltaïque pour que toute la masse de fluide neutre qu'elle contient soit décomposée, de telle sorte qu'on puisse même mettre en évidence, entre deux points quelconques, l'électricité devenue libre. Nous admettons pour notre compte que cette supposition est vraiment insoutenable. Non, la terre ne fait pas proprement l'office de conducteur ; non, le courant ne s'étend pas de proche en proche à travers les 150 kilomètres et plus qui séparent les stations de Paris et de Rouen : dans les conditions ou le phénomène apparaît, c'est-à-dire de telle sorte que son intensité ne dépende en aucune manière de la constitution du sol, cette transmission serait la négation des lois éternelles de la nature, du double principe immuable de la proportionnalité des forces aux masses, et de la conservation des forces vives. Que se passe-t-il donc ? Essayons de l'expliquer.

Pour cela, rappelons d'abord la théorie si nette de notre immortel Ampère : représentons-nous les deux pôles P et N d'une pile, fig. 18, planche II, unis par un conducteur métallique, et disons comment s'établit le courant qui part du pôle positif. L'électricité libre à ce pôle, mise en présence de la résistance que le fil conducteur oppose à son écoulement, décompose l'électricité neutre ou composée de la première molécule du conducteur, attire la molécule négative, et repousse la molécule positive : cette molécule positive, à son tour, décompose l'électricité neutre de la molécule suivante, attire la molécule négative, repousse la positive, etc., etc. La décomposition s'étend ainsi de proche en proche, jusqu'à ce qu'enfin une dernière molécule positive $+ p$, mise en liberté ou repoussée jusqu'au second pôle N de la pile, soit neutralisée par l'électricité négative qui en émane. Aussitôt, à la série primitive de décomposition, succède une seconde série de recomposition : la dernière molécule négative $- n$, délivrée de la molécule positive neutralisée par le pôle négatif, redevient libre, puis se combine avec la molécule positive qui la précède et qui l'avait attirée : l'avant-dernière molécule négative, libre à son tour, se combine en arrière avec la molécule positive antécédente, et ainsi

de suite, de proche en proche, etc., etc. Voilà comment s'établit dans les idées si ingénieuses d'Ampère ce qu'on désigne sous le nom de courant électrique.

Mais admettons maintenant que nous brisions le circuit métallique à son milieu M, entre deux molécules libres, l'une positive $+p'$, du côté du pôle positif; l'autre négative $-n'$, du côté du pôle négatif; puis mettons ces deux extrémités, et par conséquent ces deux molécules, en communication avec la terre par les deux plaques A et B. Que va-t-il arriver? La molécule positive est en contact avec un énorme réservoir, où elle peut s'écouler sans presque aucune résistance, et qui par conséquent ne peut pas lui opposer de réaction : cette molécule dès lors ne pourra exercer aucune action de décomposition, elle sera simplement absorbée. Mais aussitôt la molécule négative précédente, redevenue libre, va se combiner avec la molécule positive voisine, etc. : ce qui se passe du côté du pôle positif arrive aussi du côté du pôle négatif; il y aura donc encore cette fois une double série de décompositions et de recompositions. Mais la série ne s'établit que dans la moitié du circuit métallique dont nous avons parlé, et le courant n'a subi cette fois que la résistance correspondant à cette moitié du circuit; par suite son intensité sera double de ce qu'elle était d'abord. Donc, en général, quelle que soit la nature du fil conducteur, si l'on remplace la moitié de ce fil par la terre, le courant subsistera sans que l'énorme masse de fluide neutre que la terre renferme dans son sein ait besoin de subir les décompositions et recompositions qui s'opéreront seulement dans le conducteur métallique.

Voilà précisément ce qui arrive sur les lignes télégraphiques. Vous aviez deux fils parallèles, égaux, en communication à la station de départ avec les deux pôles de la pile, unis à la station d'arrivée par un troisième fil que nous supposerons, pour fixer les idées, être leur plus courte distance; le courant était établi; il allait de Paris à Rouen, et revenait de Rouen à Paris; il avait à Paris une certaine intensité mesurée, par exemple, comme dans une des expériences de M. Bréguet, par 37° de la boussole des sinus; à Rouen son intensité était de 15° : vous supprimez le second fil, vous prolongez jusqu'au sol la plus courte distance des deux fils, vous mettez aussi en communication avec la terre la première extrémité un peu prolongée du premier fil, le courant subsiste; mais son intensité a passé subitement, ou dans un instant inappréciable, du simple au double : elle sera à Paris de 73°,

à Rouen de 29°; nous avons dit pourquoi les intensités ne sont pas rigoureusement 74° et 30°.

Quel est donc simplement le rôle admirable de la terre? A-t-elle été canal ou conducteur? A-t-elle subi dans toute la masse de son fluide neutre une suite de décompositions et de recompositions? Non, certainement non; mais elle a été un réservoir, un puisard où, d'un côté l'électricité positive, l'électricité négative de l'autre sont allées se perdre, ont été absorbées. Nous avions proposé d'abord, avec timidité, cette explication d'un phénomène véritablement surprenant; nos craintes se sont complétement évanouies, depuis que nous avons appris à Gœttingue, de la bouche même de l'illustre Gauss, que ces idées lui étaient depuis longtemps familières, et qu'il les exprimait de la même manière que nous : il a toujours vu dans la terre, non un conducteur, mais un absorbant de l'électricité : l'électricité à ses yeux est non conduite par la terre, mais sucée, *eingesogen*. Aux pôles de la pile, nous disait-il dans notre langue, qu'il parle très-correctement, se fait la production, par les plaques enfouies se fait la dépense. Et qu'on le remarque bien, cette explication, toute naturelle dans l'hypothèse des deux fluides, est presque plus facile à concevoir encore dans la théorie d'un seul fluide, en excès au pôle positif de la pile, en défaut au pôle négatif. D'autres savants distingués ont partagé depuis les mêmes convictions; ils admettent de plus, avec M. Gauss, que si les extrémités d'un fil conducteur unique, au lieu d'être plongées dans le sol, se terminaient à deux globes semblables à notre terre, mais entièrement isolés dans l'espace, le courant existerait encore avec son intensité double. Évidemment, dans la situation où nous les plaçons, les deux globes ne feraient pas l'office de conducteurs, puisque nous les supposons séparés l'un de l'autre par une immense étendue de substance isolante, mais bien l'office de réservoirs. Ce serait la réalisation de la grande pensée que M. Wheatstone assure avoir lue quelque part, dans un des ouvrages de Deluc, et que nous avons déjà rappelée. Reste donc à aller fixer l'extrémité de ce merveilleux fil sur notre satellite, pour que les êtres qui l'habitent, en supposant qu'ils existent et qu'ils soient intelligents, puissent correspondre avec nous dans un instant indivisible. On aurait cependant à craindre, nous disait M. Gauss en riant, que la lune fût trop aride et trop sèche, car les bassins que nous appelons ses mers, dans notre langage borné, sont loin d'être des réservoirs d'eau.

Nous étions si convaincu de la possibilité d'établir un courant avec un seul conducteur dont les extrémités plongeraient dans deux réservoirs parfaitement isolés, que nous avons voulu le prouver par une expérience décisive. M. le professeur Van Rees, d'Utrecht, voulut bien nous aider et mettre à notre disposition ses excellents instruments. Quoique cet essai n'ait point réussi, nous le raconterons, en priant les savants qui se sont occupés spécialement de ces recherches de le répéter sur une échelle assez vaste.

Sur deux gâteaux de résine nous avons placé deux vases de verre pouvant contenir à peu près trois décimètres cubes d'eau; aux deux pôles d'une pile excessivement faible, formée de deux fils, l'un de cuivre, l'autre de zinc, amenés au contact et plongeant dans l'eau distillée, nous avons fixé deux fils de cuivre dont les extrémités terminées par des plaques plongeaient dans deux vases : un galvanomètre très-sensible faisait aussi partie du circuit. J'avais espéré qu'en remplissant peu à peu les deux vases, nous arriverions au point où les deux volumes d'eau acidulée feraient la fonction de réservoirs, et qu'à ce moment nous verrions naître le courant : il n'en a rien été. La capacité de nos vases était beaucoup trop petite; mais nous persistons à croire, avec M. Gauss, qu'avec des vases beaucoup plus grands, ou avec un grand nombre de vases communiquant ensemble, on verra enfin se réaliser le curieux phénomène d'un courant électrique circulant entre deux réservoirs complétement isolés : phénomène qui, nous n'en doutons pas, se produit actuellement et dans des proportions gigantesques sur toutes les lignes de télégraphes électriques qui n'ont qu'un fil. Beaucoup de physiciens peut-être ne seront pas de notre avis. Une première note insérée dans les *Comptes-rendus de l'Académie*, séance du 12 janvier 1845, indiquait trop que M. Matteucci voudrait démontrer la thèse contradictoire de la nôtre. « Deux hypothèses, dit-il, ont été mises en avant : Faut-il regarder la terre comme tout autre corps conducteur, qui, par son grand volume, peut suppléer à sa mauvaise conductibilité? ou bien faut-il admettre que les deux charges électriques, libres aux extrémités de la pile, trouvent toujours à se répandre dans la terre qui, réservoir universel, parvient à neutraliser ces charges sans que son fluide naturel soit décomposé par les fluides libres de la pile? Voici par quelles expériences le savant professeur de Pise prétend démontrer la vérité de la première hypothèse. Nous le laisserons parler. « J'ai fait naître un cou-

rant avec une pile de dix éléments de Bunsen, en faisant plonger les deux pôles dans deux puits, qui étaient à 160 mètres de distance : un galvanomètre faisait partie du circuit, et devait indiquer le passage du courant. Dans cet intervalle se trouvaient deux autres puits, à peu près en ligne droite avec les puits extrêmes : la distance entre ces deux puits était de 30 mètres; ils étaient éloignés des deux puits extrêmes l'un de 80 mètres, l'autre de 50. J'ai fait plonger les extrémités d'un bon galvanomètre de fil long dans les deux puits intermédiaires : ces extrémités étaient ou en argent, ou en platine; j'ai attendu que l'aiguille du galvanomètre revînt à zéro; alors j'ai fait passer le courant dans le grand circuit : j'ai obtenu à l'instant une déviation de 35 à 40 degrés. J'ai répété l'expérience après avoir renversé la direction du courant de la pile dans le grand circuit : aussitôt la direction du courant, que j'appellerai désormais dérivé, a été elle-même changée. Je m'étais bien assuré d'avance du parfait isolement de mes deux circuits.

» J'ai enfin répété ces expériences en réduisant l'intervalle de déviation à la longueur d'un mètre, c'est-à-dire en plongeant les extrémités du galvanomètre dans le même puits. Dans ce cas, en fermant le circuit de la pile, je n'ai obtenu qu'une déviation de 3 ou 4 degrés, mais qui s'est aussi renversée en changeant la direction du courant de la pile.

» Il est donc bien prouvé que les courants obtenus dans le circuit intermédiaire étaient des courants dérivés. Or cela devait être, en admettant que le courant électrique se transmît dans la terre à la manière ordinaire, tandis qu'on ne peut pas le concevoir dans l'autre hypothèse.

» Il est clair que la neutralisation de deux fluides libres aux extrémités de la pile ne devrait pas troubler uniquement les fluides naturels de la masse terrestre interposée entre ces extrémités, mais que cette rupture d'équilibre doit avoir lieu dans tous les sens autour de ces extrémités. Si l'on restreint la neutralisation des deux électricités à la masse de la terre interposée, et qu'on admette qu'elle s'opère successivement de molécule à molécule, on rentre dans l'hypothèse que nous faisons toujours pour la propagation des courants électriques. »

Nous ne craignons pas de dire que M. Matteucci s'est trompé, que son expérience a été mal faite, et que l'on ne peut en rien conclure.

La présence constatée du courant dérivé prouve peut-être que, dans les conditions où s'était placé M. Matteucci, la terre n'était en effet qu'un conducteur ordinaire; qu'il y avait entre les puits extrêmes échange réel d'électricité, une sorte de radiation double qu'il a saisie au passage dans les deux puits intermédiaires. Il n'en pouvait guère être autrement; mais, qu'on le remarque bien, ces conditions n'ont rien de commun avec ce qui avait réellement lieu entre Paris et Rouen. Chez M. Matteucci, la pile est relativement très-forte; la distance des deux puits est très-petite : 160 mètres, ce n'est pas grand'chose, et la conductibilité connue de la terre ne permettait pas de supposer un instant qu'elle pût isoler les deux extrémités des piles. Au lieu d'interposer immédiatement la terre, il fallait d'abord et avant tout fermer le courant par un fil de même grosseur et de même longueur que les deux premiers fils, mesurer l'intensité du courant, remplacer ensuite le second fil par la terre, mesurer encore l'intensité, s'assurer si elle était bien double de ce qu'elle était d'abord, comme dans les expériences de Paris à Rouen, de Londres à Southampton, de Munich, de Saint-Pétersbourg, etc. Si toutes ces précautions avaient été prises, si l'intensité double avait été mise en évidence, on aurait pu alors procéder à la recherche du courant intermédiaire; et si ce courant était apparu dans les circonstances que nous venons d'énumérer, la vérité de la première théorie serait peut-être établie. Nous disons peut-être, car il est encore, dans les expériences de M. Matteucci, une circonstance inexplicable : pourquoi ce courant dérivé diminuait-il si considérablement, quand on réduisait l'intervalle de dérivation? Il y a plus : M. Poggendorff remarque avec raison que l'expérience de M. Matteucci se contredit elle-même, ou mieux, nie la théorie qu'elle devait soutenir. En effet, si la résistance de la terre est nulle, comment pourra-t-on jamais comprendre que le courant transmis par la terre puisse parvenir à vaincre la résistance considérable opposée par le long fil du galvanomètre de M. Matteucci? Il y a contradiction dans les termes. Si, comme on le veut, la terre, en raison de sa grande section, est un conducteur infiniment parfait, le courant qu'elle transmet ne pourra jamais être dérivé; cela est évident : donc, si M. Matteucci a constaté réellement le courant dérivé, c'est que la terre, dans les conditions où il s'est placé, n'agissait, par les raisons que nous avons déjà dites, que comme un conducteur ordinaire et imparfait.

Au reste, le savant professeur de Pise était si peu convaincu lui-même de la certitude de ses conclusions qu'il s'est cru obligé d'entreprendre une nouvelle série d'expériences. Voyons si cette fois il a été plus heureux. Ce dernier travail aura du moins fait beaucoup de bruit. Envoyé par l'auteur à l'Académie des sciences de Paris, à l'Association britannique pour l'avancement des sciences, à la Société royale de Londres, il m'est revenu ces jours-ci par les journaux du Nouveau-Monde. Nous laisserons parler M. Matteucci, en nous permettant, comme dans les notes précédentes, de faire quelques corrections à son style pour le rendre plus intelligible.

« La partie la plus importante de mes nouvelles recherches, dont je ne veux mentionner ici que les résultats principaux, est celle qui se rapporte à la conductibilité de la terre à de petites distances. Je fais toutes mes expériences avec une pile à force constante, un grand rhéostat de fil de laiton, un fil de fer couvert de *gutta-percha* et terminé par des lames de cuivre qui plongent dans une solution de sulfate de cuivre contenue dans des boîtes en terre cuite : ces boîtes plongent dans la terre à des distances différentes, et je ramène toujours l'aiguille à la même déviation à l'aide du fil du rhéostat.

» Quelle que soit la qualité de la terre sur laquelle on opère, on trouve que la résistance de la couche terrestre diminue très-rapidement, et d'autant plus, que les lames plongent davantage. A la distance de 60 à 100 mètres, le courant cesse de diminuer ; à des distances plus grandes, l'intensité du courant augmente jusqu'à devenir égale à celle qu'on trouverait dans le circuit entièrement métallique. Ce résultat se vérifie toujours pour des distances de 15 à 20 kilomètres. L'augmentation du courant avec la longueur de la couche terrestre est indépendante de la nature et de la forme de cette couche, et se fait à peu près proportionnellement à cette longueur. C'est avant d'arriver à la longueur de la couche à laquelle cesse la résistance qu'on trouve l'influence de la nature et de la forme de cette couche sur cette même résistance. Lorsque la couche est très-mince, il n'y a pas de différence entre sa résistance et celle de la même couche de terre ou d'eau contenue dans un vase isolé. Pour des épaisseurs de quelques centimètres, les différences sont déjà très-grandes. Je citerai ici une seule expérience. Une couche de terre de $0^m$ 5 d'épaisseur dans la terre produit une résistance qui est à celle que la même couche présente lorsqu'elle est contenue dans un canal en bois isolé, comme 1 à 2084.

Il faut, avec cette seconde couche, 5 éléments pour obtenir le même courant qu'on a avec un élément dans la première couche.

» Dans la couche de terre contenue dans un canal isolé, la résistance augmente exactement avec la longueur, suivant la loi découverte par MM. Pouillet et Fechner. La résistance d'une couche de terre varie exactement en raison inverse de la quantité d'eau qui y est contenue : ainsi elle est représentée par 38 dans la terre qui contient 18,50 d'eau pour 100. J'ai vérifié cela sur la terre des champs, des fossés, sur des couches de grès et d'argile. En comparant la résistance des couches de terre qui contiennent une quantité différente d'eau, on trouve que la résistance cesse sensiblement à la même distance; mais dans la terre plus humide, la diminution est moins rapide dans les premières couches qu'elle ne l'est dans la terre moins humide. Avant d'arriver à la couche *limite* de la résistance, l'influence de la forme de la couche est manifeste : si la couche de terre s'élève entre les deux lames en forme d'une petite colline, la résistance est moindre que si la couche est horizontale; et la résistance augmente encore, s'il y a dépression de la couche entre les lames. Dans toutes ces expériences, l'influence de l'étendue des lames métalliques rhéophores est nulle au dèlà de la couche limite, et très-petite avant d'y arriver.

» En me bornant, pour le moment, à l'exposition des principaux résultats que j'ai obtenus par une suite de recherches poursuivies pendant six mois de séjour à la campagne et que je continue toujours, je demande la permission de m'arrêter un instant sur les explications qu'on a données de cette propriété singulière de la terre. Quelques physiciens expliquent ce phénomène en le présentant comme un cas de propagation du courant électrique dans un corps mauvais conducteur, mais d'une section énormément plus grande que celle du fil métallique auquel on le compare; d'autres, rejetant cette idée, ont dit qu'on devait regarder la terre comme le réservoir universel de l'électricité, et que les deux électricités de la pile s'y déchargeaient comme celles de la bouteille de Leyde. Cette seconde explication semble avoir plus de partisans que la première. En effet, en réfléchissant à la mauvaise conductibilité dont jouissent les matériaux de la terre, étudiés séparément, on doit trouver très-remarquable que la terre soit douée d'une si bonne conductibilité. Non-seulement nous devons admettre que la couche terrestre interposée entre deux stations télé-

graphiques conduit mieux que le fil de cuivre auquel on la compare; mais même sur des lignes où il y a plusieurs fils télégraphiques tendus et tous en communication avec la terre aux extrémités, lorsque le courant est transmis par un de ces fils, il n'y a jamais la moindre trace d'électricité qui passe par les autres, s'ils sont bien isolés sur la ligne. De là il faut conclure que la conductibilité de cette couche terrestre est meilleure que celle de tous les fils métalliques réunis; mais ce n'est pas encore assez. Puisque l'expérience démontre que la résistance de la couche terrestre n'existe plus lorsque cette couche atteint une certaine longueur, il faut conclure que, si la terre était composée d'un corps doué de la même conductibilité que le fil, elle ne pourrait pas produire un effet meilleur. C'est par ces conséquences que quelques physiciens ont été amenés à rejeter l'explication de la bonne conductibilité de la terre, en la regardant comme un cas de propagation du courant électrique dans un conducteur d'une section énorme. Dans cette idée, après le résultat de mes expériences, il faut encore expliquer pourquoi la résistance de la terre qui existe à de petites distances diminue rapidement, cesse et devient moindre à mesure que la longueur de la couche augmente. C'est là l'objet de recherches que je poursuis maintenant, recherches dans lesquelles j'ai eu à étudier la conductibilité dans des sphères et l'influence qu'exerce sur cette conductibilité un liquide qui se trouve hors de la sphère ayant pour diamètre la distance entre les deux lames rhéophores. J'ai également étudié la conductibilité d'une certaine couche liquide qui se trouve superposée à des couches qui ont une meilleure conductibilité. Il m'est impossible de donner ici tous les nombres de mes expériences. Il me suffit de dire que l'influence du liquide *latéral* et sa meilleure conductibilité, sur la conductibilité d'une certaine couche, est parfaitement démontrée; elle est très-grande et *augmente avec l'épaisseur de cette couche.*

» Je vais citer les résultats d'une seule expérience pour mieux faire comprendre l'influence du liquide *latéral* sur la conductibilité d'une certaine couche liquide; la résistance de cette couche de $0^m,055$ d'épaisseur, entourée de liquide sur une longueur dix fois plus grande que son épaisseur, est à la résistance de cette couche sans liquide latéral comme 66 : 126. Ce rapport augmente avec l'épaisseur de la couche, avec la masse du liquide latéral, et avec la meilleure conductibilité de ce dernier liquide.

» La quantité d'eau qui augmente dans les couches terrestres avec la profondeur donne à ces couches une conductibilité toujours croissante. Il faut, pour expliquer avec ces idées la conductibilité de la terre telle qu'elle est trouvée par l'expérience, admettre, ce qui ne sera pas en opposition avec les résultats de la géologie, que la conductibilité des matériaux de la terre augmente avec la profondeur et surpasse bientôt celle de l'eau pure. Les sels dissous dans l'eau et les couches métalliques sont certainement des corps meilleurs conducteurs que l'eau pure.

» Lorsqu'on réfléchit à la vitesse avec laquelle l'électricité se propage et à la nature du mouvement qui, suivant toute probabilité, constitue sa propagation, on ne doit pas être surpris si une masse très-grande d'un corps conducteur est dans le même temps envahie par les mouvements vibratoires du fluide électrique, et si plusieurs de ces mouvements, produits par des sources différentes, peuvent se propager dans le même milieu sans se troubler réciproquement.

» On a fait, contre ces idées sur la conductibilité de la terre, une objection qui consiste à dire que l'humidité des couches terrestres ne saurait laisser passer le courant sans se décomposer en hydrogène et en oxygène. En admettant comme bien démontré par l'expérience qu'il n'y a pas de conductibilité dans un liquide sans qu'elle soit accompagnée de la décomposition électro-chimique, il ne s'ensuit pas qu'il en soit ainsi pour la terre. J'ai pris du sable très-pur et parfaitement desséché, et j'en ai formé une couche bien isolée de la terre. Cette couche ne conduit pas le courant électrique; mais, laissée à l'air, et lorsqu'elle a absorbé quatre pour cent d'humidité, elle commence à conduire le courant électrique, et cela sur des épaisseurs de plusieurs mètres.

» L'idée d'expliquer la conductibilité de la terre en la regardant comme le réservoir universel n'explique pas les lois de ce phénomène, et elle me semble incapable de résister à quelques objections qui peuvent se faire en se prenant à examiner les conséquences nécessaires de cette idée même.

» En effet, pourquoi une couche de $0^m,50$ conduit-elle plus mal qu'une couche de 10 mètres? Pourquoi la résistance de la terre cesse-t-elle, et puis devient-elle moindre à mesure que l'épaisseur de la couche augmente? Pourquoi, dans un circuit mixte d'une grande longueur, trouve-t-on toujours et exactement la seule résistance du fil

métallique du circuit ? Quelle que soit la longueur du conducteur de la machine électrique, s'il communique à la terre, l'influence de ce conducteur est nulle. Enfin, pourquoi, quand on met une couche de terre ou d'eau contenue dans un vase isolé en communication avec la terre à l'aide d'un gros fil de cuivre terminé en lames qui plongent, l'une dans la couche isolée, l'autre dans l'eau d'un puits ; pourquoi, dis-je, la résistance de cette couche *reste-t-elle exactement* la même dans les deux cas, comme cela est prouvé par des expériences rigoureuses et très-faciles à répéter ?

» J'ai tenté de découvrir si des courants électriques *développés d'une manière quelconque* par la terre pouvaient expliquer les phénomènes trouvés par mes expériences : la conductibilité d'une couche terrestre d'une certaine longueur est indépendante de sa nature et de sa direction relativement au méridien. »

Franchement, que signifie et que prouve cette nouvelle note de M. Matteucci ? Absolument rien. Ne croirait-on pas qu'il se range entièrement à notre manière de voir quand, après avoir exposé les deux opinions et avoué que la seconde a plus de partisans que la première, il ajoute : « EN EFFET, comment la terre serait-elle douée d'une si bonne conductibilité quand les matériaux dont elle se compose sont si mauvais conducteurs ? Comment peut-elle conduire mieux l'électricité que le fil de cuivre moitié du circuit ? Comment le courant électrique ne passe-t-il pas d'un fil à l'autre, quoiqu'ils communiquent tous avec la terre, conducteur parfait ? Comment admettre que la terre conduise aussi bien et mieux que si elle était un fil métallique de grande section ? etc., etc. » On le voit donc, le premier EN EFFET de M. Matteucci montre en lui un partisan déclaré, un partisan convaincu de la théorie qui assigne à la terre les fonctions de réservoir ou de puisard. Mais attendez. Nous lisons quelques lignes plus bas : « L'idée d'expliquer la conductibilité de la terre en la regardant comme un réservoir ne rend pas compte des lois du phénomène, et elle me semble incapable de résister à quelques objections. Puis apparaît un second EN EFFET contre-partie du premier. « EN EFFET, pourquoi une couche de 50 centimètres conduit-elle plus mal qu'une couche de 10 mètres ? Pourquoi la résistance de la terre cesse-t-elle et puis devient-elle moindre à mesure que l'épaisseur de la couche augmente ? Pourquoi dans un circuit mixte trouve-t-on toujours la seule résistance du fil métallique du circuit ? » La réponse aux premiers de ces pourquoi est très-simple.

Dans notre théorie, la voici : parce que la couche de 10 mètres commence à faire un peu la fonction de réservoir, et que le courant est déjà quelque peu impuissant à décomposer tout le fluide neutre de cette couche. Le second pourquoi est exprimé d'une manière inintelligible, et le fait sur lequel il s'appuie ne ressort nullement des expériences de M. Matteucci : elles prouvent, au contraire, qu'au delà d'une certaine longueur, l'intensité du courant croît proportionnellement à la longueur et est indépendante de la nature et de la forme de cette couche; que dans la terre une couche de 50 centimètres d'épaisseur présente une résistance deux mille quatre-vingt-quatre fois plus petite que cette même couche prise dans un canal isolant, etc., etc. Quant au troisième pourquoi, nous ne comprendrons jamais qu'il ait pu être posé par un physicien qui a tant fait parler de lui, puisque le fait de la seule influence du conducteur métallique est la conséquence immédiate et nécessaire de l'hypothèse qui fait de la terre un puisard. Il est bien un quatrième pourquoi énoncé par M. Matteucci ; mais cet énoncé est au-dessus des forces de mon intelligence, et je ne le comprends pas. Sans cela, le parce que ne se ferait pas attendre.

Je regrette vivement d'être comme forcé de relever dans la manière d'agir de M. Matteucci une sorte de duplicité qui désole. L'illustre physicien a deux visages, l'un qu'il montre à Paris, l'autre qu'il montre en Angleterre ; et deux plumes, l'une pour correspondre avec l'Institut de France, l'autre pour écrire aux savants anglais. Il sait qu'à Paris les droits de Ohm ont été méconnus et attaqués par un physicien célèbre dont la protection lui serait utile pour arriver à être bientôt membre correspondant de l'Académie des sciences ; dans l'édition française de son mémoire, il ne parlera donc que de la loi découverte par MM. POUILLET et FECHNER, *Comptes-rendus*, tome XXX, page 776 : dans l'édition anglaise, les noms de MM. Pouillet et Fechner disparaîtront pour faire place à celui de M. Ohm. En France, où les avis sont partagés sur le rôle que joue la terre, M. Matteucci se ralliera tour à tour aux deux théories : en Angleterre, où la question n'a pas encore été débattue, il prendra un ton plus tranchant : l'opinion qui affirme que l'électricité se dissipe dans la terre ne soutiendra pas le plus léger examen ; elle sera proclamée inconciliable avec les faits les plus élémentaires de la conductibilité de la terre. Reprenons ces faits tels qu'ils sont énoncés dans le mémoire de M. Matteucci, *Athenæum*, 10 août 1850. Dans notre théorie, on ne pourrait pas

expliquer : 1° comment la résistance de la terre croît d'abord avec la longueur de la couche ; c'est faux évidemment, puisque la terre agit d'abord comme conducteur, et que la résistance d'un conducteur croît avec sa longueur ; 2° comment la résistance varie avec sa profondeur et l'humidité de cette couche ; c'est faux, la variation est toute naturelle tant que la terre agit comme conducteur, et M. Matteucci dit en termes formels qu'on n'observe l'influence de la nature et de la forme de la couche qu'avant d'arriver au point où la résistance cesse ; 3° comment la résistance varie quand la masse de terre interposée entre les électrodes diminue ou devient presque nulle, comme sur les montagnes ; c'est faux, car c'est encore l'influence de l'épaisseur de la couche, influence nécessaire tant que la terre conduit l'électricité, comme dans ces expériences sur d'assez faibles distances, faites par M. Matteucci ; 4° comment l'interposition d'une portion de terre d'un pouvoir conducteur différent modifie la résistance de la masse entière ; c'est faux, car c'est encore la nature de la couche que l'on met en jeu, et qui, sensible d'abord, disparaît ensuite, comme M. Matteucci l'affirme lui-même ; 5° enfin, *finally*, M. Matteucci prétend que dans notre théorie la résistance du courant mixte devrait disparaître, ce qui n'arrive jamais ! Pour cette fois, c'est trop fort, et nous sommes forcés malgré nous de déclarer que M. le professeur de Pise n'est pas un homme sérieux. Comment ! la théorie qui réduit la résistance à celle du conducteur métallique, qui montre jusqu'à l'évidence cette résistance seule en action, nierait cette résistance ! Voyez quelle lamentable contradiction : on nous sommait dans l'édition française d'expliquer *pourquoi dans le circuit mixte d'une grande longueur on trouve toujours et exactement la seule résistance du fil métallique du circuit ;* on nous demande dans l'édition anglaise de *montrer que nous ne faisons pas disparaître la résistance nécessaire du fil métallique !!!* Le pourquoi inintelligible en français est plus accessible en anglais ; le voici : pourquoi la résistance devient-elle INFINIMENT plus grande quand nous enfermons la couche de terre dans un canal en bois séparé du globe, mais en communication avec lui par deux larges plaques métalliques ? Un enfant répondrait : C'est que, dans le canal en bois, la couche de terre agit comme très-mauvais conducteur ; et tout serait dit. M. Matteucci est un trop grand homme pour raisonner avec les simples mortels, *Aquila non capit muscas !* Nous avons réduit

à leur juste valeur ces assertions purement gratuites ; et il nous reste à formuler, dans l'intérêt de la science, un vif regret, c'est que des affirmations si légères trouvent tant d'accès dans les recueils académiques, et qu'elles soient reproduites sans discussion, sans aucune remarque critique, par tous les échos de la publicité scientifique. N'est-ce donc rien que de semer ainsi l'erreur à pleines mains ?

M. Matteucci a fait l'expérience capitale que nous réclamions de lui dans notre première édition, il a vu clairement la terre agir d'abord comme conducteur, opposer au courant une résistance réelle, affaiblir son intensité dans une proportion notable ; il a vu cet affaiblissement cesser en partie dès que la couche de terre avait 100 mètres de longueur, et le courant revenir plus tard à l'intensité qu'il aurait eue s'il n'avait traversé que le circuit métallique. Il a donc vu de ses yeux, touché de ses mains le double rôle essentiellement différent rempli par la terre dans la transmission des courants. Je dis essentiellement différent, car il n'est pas question ici d'une différence de même nature, du plus au moins, mais d'une différence du négatif au positif, du jour à la nuit. La terre fait d'abord l'office de conducteur, et alors la résistance qu'elle oppose à la transmission du courant augmente sans cesse, et l'intensité du courant va toujours en diminuant. Puis tout à coup ces premiers phénomènes cessent, la résistance diminue, l'intensité augmente : donc la terre exerce maintenant une action toute différente ; son rôle a changé, elle n'est plus du tout un conducteur, puisqu'elle opère en sens contraire des conducteurs.

Mais oublions M. Matteucci, et pour mieux mettre en évidence la fausseté de l'hypothèse que nous combattons, voyons dans quelles étranges illusions elle a jeté un des professeurs de physique les plus habiles du monde. C'est M. Pouillet qui parle en 1850, et dans un rapport à l'Académie des sciences, que MM. Regnaud et Séguier ont signé sans doute par complaisance ! « La théorie avait pareillement indiqué un moyen doublement économique d'établir un circuit entre deux points très éloignés, comme Berlin et Paris. Le moyen consiste à remplacer l'un des fils par la terre elle-même. Supposons, en effet, qu'il n'y ait qu'un seul fil de métal étendu entre ces deux points, et qu'à Paris son extrémité communique au sol par une large plaque de métal plongeant dans la Seine, ou seulement dans l'eau d'un puits ; qu'à Berlin le pôle négatif de la pile communique aussi à l'eau d'un puits, et par suite aux eaux de la Sprée. On comprend qu'à l'instant

où le pôle positif touchera l'extrémité du fil, le courant viendra, comme tout à l'heure, de Berlin à Paris par le fil de métal; mais qu'au lieu de retourner de Paris à Berlin par le second fil qui n'existe plus, il s'en retournera par les eaux de la Seine, de la mer du Nord, de l'Elbe et de la Sprée, et de plus par toutes les portions du sol dont la conductibilité est suffisante pour lui livrer passage. » Non, il n'est rien dans les contes des Mille et une Nuits d'aussi merveilleux, d'aussi fantastique que le plan de voyage tracé par l'imagination facile de M. Pouillet à la pauvre petite molécule positive forcée d'aller de Paris à Berlin pour se faire neutraliser au pôle négatif de la pile. En sortant du pôle positif qui l'engendre, elle se dit à elle-même que, née d'une pile en communication avec Berlin, c'est bien à Berlin qu'elle doit aller et non pas ailleurs ; elle se consulte donc et s'oriente au fond de son puits : elle se garde bien d'aller se jeter au pôle négatif des autres piles qui fonctionnent dans son voisinage, ce serait trop simple, trop facile, et elle n'est pas assez méchante pour jouer un aussi mauvais tour aux impatients qui attendent à Rouen, à Lille, à Tours, l'arrivée des correspondances télégraphiques. Mais elle entend la Seine couler dans le lointain, elle a appris la géographie, elle sait que la Seine se jette dans la Manche, que la Manche communique à la mer du Nord, etc.; elle franchit donc d'un seul bond la distance de son puits à la Seine, qui l'emporte et la jette dans la Manche. Le détroit est très-resserré, et il est impossible que la savante molécule, qui de Paris aspirait Berlin, n'ait pas la conscience du voisinage des côtes anglaises qui l'appellent, qui lui présentent sur mille points, à Douvres, à Folkstone, etc., des sources d'électricité négative en tout semblables à celle qu'elle va chercher à Berlin. De deux choses l'une, donc, ou la petite monade aime trop l'Angleterre, et elle reste à distance de ses rivages, pour ne pas y apporter la moindre perturbation ; ou son horreur pour le sol anglais la détermine à poursuivre sa route; car enfin, pour une molécule ou une vibration située au milieu de l'Océan, quelle raison, quelle cause physique l'entraînerait plutôt à Berlin qu'en Angleterre, en Écosse, en Suède, en Danemark, en Hollande? etc., etc. M. Pouillet dira peut-être, non pas qu'une même molécule ira partout, il renonce sans peine à l'opinion, la plus probable cependant, que les courants électriques sont, non pas un mouvement vibratoire transmis, mais un véritable transport ; il dira que *le courant s'échappera par toutes les portions du sol dont la conduc-*

*tibilité est suffisante pour lui livrer passage.* Or, je le demande, est-il rien de plus déraisonnable, de plus impossible à concevoir qu'un courant qui s'éparpille sur l'énorme distance de Paris à Berlin, dans toutes les directions possibles, qui se communique au globe entier, et qui parvient cependant à destination avec une intensité très-comparable à celle du point de départ ; c'est la négation des principes les plus élémentaires de la mécanique, le renversement de toutes les lois suivant lesquelles s'effectue la communication du mouvement. Ce qu'il y a de plus extraordinaire, c'est que ces étranges doctrines aient trouvé pour interprète M. Pouillet, qui se pose comme ayant établi le premier *que le courant se partage entre les diverses portions du circuit, en proportion de leur pouvoir conducteur.* Ce partage admis, comment concevoir que les courants dérivés n'épuiseront pas mille fois le courant principal avant son arrivée à Berlin ? C'est vraiment revenir à la science cabalistique et occulte du moyen âge que de s'obstiner à présenter comme explications de palpables impossibilités ; et le spectacle de l'Académie des sciences acceptant et sanctionnant par son vote unanime de semblables doctrines, contriste l'intelligence. En relisant ce trop célèbre rapport de M. Pouillet, j'y trouve le passage suivant : « S'il arrive que les fils communiquent électriquement entre eux : si, par exemple, on les réunit par un fil fin de métal, par un filet d'eau ou d'humidité, ou, en général, par un arc conducteur, cet arc conducteur devient à l'instant le siége d'un courant dérivé qui affaiblit, dans une certaine proportion, le courant dévolu à la portion restante du circuit. Ce qui arrive pour une seule dérivation arrive pour un nombre quelconque et il en résulte autant de courants dérivés... Alors les piles les plus énergiques deviennent bientôt insuffisantes pour faire passer un courant efficace dans une ligne télégraphique d'une étendue considérable. » Et dix lignes plus bas, M. Pouillet trace de sang-froid l'itinéraire du courant à travers les dérivations en nombre infini qui se conjurent de toutes parts contre lui, et le fait arriver sain et sauf à Berlin !

Nous persistons donc à soutenir qu'en complétant le circuit sur les longues lignes télégraphiques, la terre agit comme réservoir, suçant et absorbant aux deux extrémités du fil les électricités libres que la pile ou l'appareil électro-magnétique y envoient. Non, à d'aussi énormes intervalles, la terre ne fait pas l'office de conducteur ; la molécule positive partie de Paris ne peut pas, à travers mille obstacles,

aller chercher le pôle négatif qui l'attend à Berlin ; non, le petit ébranlement excité au pôle positif de la pile établie à Paris ne peut pas, sans s'éteindre et se perdre mille fois sur la route, se propager jusqu'à Berlin. Nous le répétons, M. Matteucci a fait une des expériences qui devaient vider le débat. Au lieu de placer tout d'abord les deux piles à une très-grande distance, il s'est éloigné graduellement, il est allé de station en station, il a fermé tour à tour le courant de chaque station, d'abord avec un double fil de cuivre, puis par un fil et la terre ; il a mesuré les intensités dans les deux cas, et il a constaté ce que j'avais annoncé : 1° que, lorsque la distance des piles est petite relativement à leur intensité, le courant ramené par la terre, agissant alors comme conducteur, n'a pas une intensité double, que même son intensité diminue de plus en plus jusqu'à une certaine distance ; 2° qu'au delà de cette distance l'intensité du courant augmente quand il est ramené par la terre, qui fait déjà en partie l'office de conducteur, en partie l'office de réservoir ; 3° enfin, qu'à une distance limite, et pour toutes les distances supérieures à cette distance limite, l'intensité du courant ramené par la terre est constamment double de l'intensité du courant ramené par un second fil. Je plaindrais tous les esprits qui ne verraient pas dans ces faits incontestables la démonstration évidente de la théorie que nous défendons.

J'avais ajouté que le moyen le plus certain de dissiper jusqu'à l'ombre du doute, ce serait de faire réussir notre expérience d'Utrecht, c'est-à-dire d'établir un courant entre deux réservoirs parfaitement isolés, ou dans un conducteur parfaitement isolé ; or, ces deux expériences peuvent aujourd'hui être regardées comme réellement faites. Remarquons d'abord que, s'il s'agissait de l'électricité ordinaire, il n'y aurait aucune difficulté. Ne voit-on pas tous les jours l'électricité s'échapper par une pointe placée sur le conducteur, lorsque les coussins de la machine sont en communication avec le sol ? Si sur un tabouret isolé on place une bouteille de Leyde munie d'une pointe, l'électricité s'échappe par la pointe, et la bouteille se décharge dès qu'on met sa garniture extérieure en communication avec le sol. Personne, je crois, n'oserait dire que les deux électricités dégagées, l'une dans la terre, l'autre dans l'air, se réunissent par le contact de l'air et du sol, d'autant plus que la décharge aurait lieu lors même que la communication avec le sol du coussin ou de la garniture extérieure de la bouteille n'aurait lieu que par l'intermédiaire d'un fil conduc-

teur d'une longueur immense, isolé sur tout son trajet. La terre et l'air dans ces conditions font évidemment l'office de réservoir, comme on l'a toujours admis. Cette argumentation nous a été suggérée par M. Masson.

S'il s'agit de l'électricité dynamique, du courant galvanique, nous pouvons citer encore des faits analogues. M. Magrini a certainement constaté la présence d'un courant dans un fil isolé suffisamment long; si M. Matteucci a été moins heureux, c'est qu'il a agi sur des fils trop courts, ou avec des piles trop intenses, relativement à la longueur de ses fils. MM. Fizeau et Gounelle, qui partagent entièrement mes convictions et qui expérimentaient sur d'énormes longueurs de fil, ont vu naître aussi des courants dans des fils isolés; et ils peuvent sans peine disposer leurs interrupteurs de telle sorte que ces courants restent constants de direction et d'intensité. Que pourrait-on exiger de plus? Je leur ai proposé de répéter cette expérience d'une manière plus simple : sur une masse de verre isolante on placerait un certain nombre de bobines recouvertes de fils très-fins et d'une longueur excessive; la seconde extrémité du fil de la première bobine serait en contact avec la première extrémité du fil de la seconde, et ainsi de suite; on obtiendrait ainsi un circuit immense, d'une très-grande résistance, parfaitement isolé, et je ne doute pas que si, tout étant ainsi disposé, on fait communiquer avec la terre le pôle négatif de la pile et son pôle positif, à travers un galvanomètre, avec l'immense fil conducteur, la déviation de l'aiguille indiquera le passage du courant.

En résumé, les mouvements électriques ne sont pas d'une nature tellement exceptionnelle et chimérique qu'ils échappent aux principes des forces vives et de la quantité de mouvement, qu'ils ne s'éteignent jamais, qu'ils puissent se propager en dépit de tous les obstacles et se multiplier indéfiniment. De fait, ils s'éteignent tous les jours sous nos yeux et sont limités dans leurs effets comme toutes les forces de la nature, comme tous les mouvements possibles. Quoi de plus naturel dès lors et de plus élémentaire que d'admettre la théorie si simple, si intelligible, si évidente que nous proposons? Quand la portion de terre comprise entre les extrémités du fil conducteur est trop petite pour qu'elle puisse éteindre le mouvement et neutraliser l'électricité qu'elle reçoit; quand, par conséquent, cette électricité peut décomposer toute l'électricité neutre de cette portion du sol, la terre agit comme conducteur, oppose une résistance appréciable au courant et affaiblit

son intensité dans une proportion plus ou moins grande. Si, au contraire, cette étendue de terre est assez considérable pour que l'électricité survenante ne puisse décomposer tout son fluide neutre, pour éteindre, par conséquent, le mouvement électrique sans y participer dans sa masse entière, la terre alors ne conduit plus, elle fait comme l'office de réservoir ou de puisard; mais en absorbant l'une des électricités ou l'éteignant, elle force, comme nous l'avons indiqué par une figure, le courant de revenir par le fil; l'intensité du courant par là même ne dépend que de la résistance du seul fil conducteur, et par cette bienheureuse intervention de la terre, elle est double de ce qu'elle aurait été si l'on avait fait revenir le courant par un second fil. Tout alors est expliqué.

On me reprochera peut-être d'avoir consacré tant de place à cette discussion; mais l'erreur même théorique est un si grand mal, surtout quand elle est enseignée par des maîtres de la science, que j'ai été entraîné malgré moi à la combattre par tous les arguments en mon pouvoir. Je ne relèverai pas l'erreur historique avancée par M. Pouillet quand il dit : *la théorie avait pareillement indiqué un moyen doublement économique d'établir un circuit entre deux points très-éloignés... Ce moyen consiste à remplacer l'un des fils par la terre elle-même.* Cette heureuse idée, ce grand progrès ne sont certainement pas dus à la théorie, mais bien à l'expérience, à une observation faite presque au hasard. Ecoutons M. Arago rendant compte à la Chambre des députés des premiers essais de la ligne télégraphique de Paris à Rouen. « Il fallait d'abord savoir si le courant électrique s'affaiblirait d'une manière trop notable en parcourant de très-grandes distances..., les expériences déjà tentées en Angleterre ne tranchaient pas la question... Notre point de départ fut celui-ci : peut-on transmettre le courant électrique avec assez peu d'affaiblissement pour que des communications régulières s'établissent d'un seul trait? etc. » La théorie n'avait donc rien fait prévoir de certain; et quand on vit, le dimanche 11 juin 1845, que la déviation de l'aiguille du galvanomètre, qui était de quelques degrés avec un circuit tout métallique, devenait de trente degrés avec le circuit moitié cuivre, moitié terre, l'étonnement fut universel!

Le croirait-on! M. Matteucci vient d'adresser à l'Académie des sciences un nouveau mémoire sur la conductibilité de la terre, mé-

moire plus obscur et plus insignifiant encore que tous les précédents ; on en jugera par la première de ses conclusions.

« La CONDUCTIBILITÉ d'une couche de terre est d'autant plus grande, relativement à celle qu'on trouve avec les mêmes électrodes dans la même couche isolée, que sa LONGUEUR EST PLUS GRANDE et SON POUVOIR CONDUCTEUR PLUS MAUVAIS. » Aucun des savants dont j'ai appelé l'attention sur cet incroyable passage ne pouvait en croire à ses yeux. Cette conductibilité, d'autant plus grande que la couche qui conduit est plus longue et le pouvoir conducteur de cette couche plus mauvais, n'est pas seulement un mystère, mais bien une contradiction déplorable dans les termes et dans le fond, une impossibilité absolue, un cercle carré. Les fonctions que la terre remplit sont tellement la négation d'une propagation réelle dans un corps conducteur, qu'on ne peut pas les assimiler à cette propagation sans tomber sur un énoncé absurde. Définitivement, M. Matteucci aime à nager dans le vide et le faux ; écoutons-le encore : « Je n'ai pas insisté pour démontrer qu'il est impossible d'expliquer la conductibilité de la terre et ses lois, en supposant que les deux extrémités de la pile s'écoulent dans le réservoir, comme ferait l'électricité du conducteur de la machine. *Je suis forcé d'en dire autant de l'autre explication qui se fonde sur la loi de la conductibilité proportionnelle à la section.* » Ainsi, c'est table rase, M. Pouillet et moi nous sommes exécutés à la fois. Mais quelle sera donc l'explication véritable du phénomène de la conductibilité de la terre? A quoi aboutiront tant de recherches? A rien, absolument à rien ; car M. Matteucci lui-même n'a pas réussi à donner un sens quelconque aux considérations qui terminent son mémoire. Je vois *bien qu'il y est question de sphères homogènes et d'un même liquide ayant la même conductibilité quel que soit leur diamètre !* J'entends parler des équations différentielles de Fourier ; mais tout cela est inintelligible pour moi, et cette assimilation de la propagation de l'électricité à la propagation de la chaleur, d'un mouvement infiniment lent à un mouvement infiniment rapide, que j'avais déjà rencontrée dans l'édition anglaise du mémoire de M. Matteucci, me fait sourire de pitié.

Il ne sera pas inutile de résumer, ainsi que nous l'avons annoncé, dans un chapitre spécial, les renseignements pratiques des principes que nous venons de poser. M. Matteucci, dans son manuel, nous donne à cet égard quelques renseignements précieux.

## CHAPITRE IV.

### De la résistance totale du circuit et de la force électro-motrice nécessaire à la parfaite transmission des signaux.

Nous supposerons pour fixer les idées que le télégraphe employé est le télégraphe à cadran de M. Wheatstone, annoncé p. 95, et dont nous donnerons bientôt la description.

Les conditions qu'il faut remplir pour que cet appareil fonctionne parfaitement, sont :

1° Que le courant électrique soit assez fort pour qu'on ne soit pas forcé de donner trop de jeu à l'aiguille du cadran ; 2° que l'intensité du courant mesurée avec un galvanomètre suffisamment sensible soit toujours la même, que la pile par conséquent soit en bon état et de force constante ; 3° que la direction du courant dans le fil de l'électro-aimant ne varie pas ; 4° que les contacts soient parfaitement nettoyés.

Comme les mouvements de l'aiguille sont en relation avec la rotation de l'ancre d'échappement, qui est tantôt libre, tantôt arrêtée, suivant que le fer dont elle se compose en partie est ou n'est pas attiré par l'électro-aimant, la rapidité de ses mouvements dépend du mouvement correspondant de l'ancre.

Ce télégraphe fonctionne parfaitement quand les mouvements de l'ancre et par suite ceux de l'aiguille ou indicateur se succèdent régulièrement avec la plus grande rapidité possible ; lorsque le manipulateur ou l'indicateur des lettres au point de départ faisant un tour entier, en deux secondes, l'aiguille du cadran fait elle-même un tour entier et revient exactement au point de départ.

M. Matteucci a conclu d'un grand nombre d'expériences faites sur les lignes télégraphiques de la Toscane que le courant électrique avec lequel ces conditions étaient le mieux remplies donnait à son galvanomètre une déviation de 12 degrés.

Le fil employé sur ces lignes est un fil de fer d'Angleterre, n° 11 du commerce ; la résistance d'un mille de ce fil mesurée exactement est égale à celle d'un fil de cuivre de $14^m30$ de longueur et pesant $492^g,611$. Ce premier fait constaté, rien n'est plus facile que de calculer *à priori* la résistance du fil conducteur d'une ligne télégraphique quelconque, en le supposant toujours formé de ce même fil de fer n° 11 : il suffira de remplacer cette résistance par celle d'une longueur déterminée du fil de cuivre pris pour terme de comparaison.

Cela posé, tout circuit télégraphique se compose 1° d'une étendue de terre plus ou moins longue, égale à la distance des deux stations extrêmes; 2° de la pile; 3° du fil de cuivre enroulé autour de l'électro-aimant du télégraphe ; 4° d'un fil de fer isolé et de même longueur à peu près que la couche de terre.

Nous avons démontré dans le chapitre précédent théoriquement et expérimentalement que l'on pouvait regarder la résistance de la terre comme sensiblement nulle, et qu'on pouvait par conséquent la négliger.

Pour déterminer la résistance intérieure de la pile, que nous supposerons, pour fixer les idées, être une pile de Bunsen, on prend un de ses éléments et on le place dans un circuit formé du fil du galvanomètre et d'une certaine longueur du fil de cuivre dont la résistance est prise pour unité ; et après avoir lu sur le galvanomètre la déviation produite, on remplace ce premier élément par un second tout à fait semblable ; la déviation doit être la même : si cela n'était pas, on prend un troisième élément, puis un quatrième s'il est nécessaire, etc., jusqu'à ce qu'on ait trouvé deux éléments qui donnent exactement la même déviation. Quand on y est parvenu, on unit ces deux éléments en joignant les zincs aux zincs, les charbons aux charbons, et on les place ensemble dans le circuit. La nouvelle déviation observée doit être un peu plus forte que celle donnée par les deux piles séparées ; et cette augmentation provient évidemment de ce que la résistance intérieure des deux piles réunies n'est plus que la résistance d'une seule d'entre elles. Pour retrouver la première déviation, on est obligé d'ajouter au circuit une certaine longueur du fil de cuivre étalon ; cette longueur sert précisément de mesure à la résistance intérieure de la pile. En répétant plusieurs fois cette expérience sur un élément de Bunsen en bon état, soit au moment où il vient d'être préparé, soit vingt-quatre heures et plus après, on voit, pourvu que le zinc soit bien

amalgamé, que la longueur du fil de cuivre qui représente la résistance de la pile est sensiblement la même. Pour l'élément dont se servait M. Matteucci, cette résistance intérieure équivalait à celle de 50 mètres du fil du télégraphe.

La résistance du fil de l'électro-aimant se mesure immédiatement au moyen du rhéostat; pour l'appareil de M. Matteucci, elle équivalait à celle d'une longueur du fil du télégraphe égale à 10 milles italiens. Dans d'autres appareils fonctionnant aussi très-bien, cette résistance n'était que celle de 3 à 4 milles de fer.

Après qu'on a ainsi réduit en longueurs du fil conducteur de la ligne télégraphique la résistance intérieure de la pile et celle du fil de l'électro-aimant, il ne reste à étudier que la résistance de ce fil conducteur, c'est-à-dire, en d'autres termes, qu'il n'y a plus qu'à résoudre le problème suivant. Étant donnée la distance entre deux stations, et par suite la longueur du fil de fer qui les unit, déterminer le nombre d'éléments, de Bunsen, par exemple, nécessaires pour obtenir à travers le circuit, en y comprenant l'appareil télégraphique, un courant qui suffise à la transmission rapide et régulière des signaux.

Pour résoudre ce problème dont la solution assure seule le bon service du télégraphe, il faut avant tout déterminer l'intensité du courant produit dans un circuit donné par un seul élément de Bunsen. Le tableau suivant donnera une idée des résultats qu'il est possible d'obtenir dans une série d'expériences faites avec une très-grande exactitude. On remplaçait le fil conducteur par une longueur de fil du cuivre étalon produisant la même résistance, et l'on mesurait la force du courant par la déviation de l'aiguille de la boussole des sinus en même temps que par la déviation de l'aiguille du galvanomètre.

*Longueurs du circuit en milles de fils de fer du télégraphe :*

2 3 4 5 6 7 8 9 10.

*Déviations de la boussole des sinus :*

52° 1/2, 30° 3/4, 23°, 18° 1/2, 15° 1/2, 13°, 11° 1/2, 10° 1/4, 9° 1/4.

*Déviations du galvanomètre.*

21°, 17°, 14°, 12°, 11°, 9° 1/2, 8° 1/2, 7° 1/2, 7°.

On voit par ce tableau qu'un seul couple de Bunsen peut produire dans un circuit de 5 milles de fil de fer la déviation de 12° que nous avons dit être nécessaire pour le jeu parfait du télégraphe à cadran.

Nous avons déjà dit qu'on pouvait dans la pratique admettre qu'un élément de Bunsen monté avec tout le soin voulu possède une force électro-motrice constamment la même ou constante. Pour passer du cas d'un seul élément au cas d'une pile, il suffira d'introduire dans la formule de Ohm les données de l'expérience précédemment obtenues.

En prenant pour unité la force électro-motrice d'un seul élément, pour unité de résistance une longueur de 5 milles du fil télégraphique, il s'ensuivra que l'unité de force électro-motrice produit, dans un circuit dont la résistance est égale à l'unité, un courant représenté par douze degrés du galvanomètre, ou le courant nécessaire pour mettre en action le télégraphe.

Supposons avec M. Matteucci, et pour mieux arrêter la pensée, qu'il s'agisse d'établir une communication télégraphique entre Pise et Pontedera, et par conséquent d'obtenir entre ces deux stations le courant normal de 12° dans un circuit long de 10 milles, augmenté du fil qui entoure l'électro-aimant de l'appareil télégraphique, fil dont la résistance est représentée de son côté par 10 milles du fil conducteur. Il en résultera que le circuit télégraphique entier de Pise à Pontedera sera représenté par vingt-deux milles du fil de fer du télégraphe ou par quatre unités et demie de résistance. Dans ces conditions, la formule de Ohm réduite en nombres apprendra qu'il faut employer de quatre à cinq éléments de Bunsen pour obtenir dans le circuit le courant de 12° nécessaire à la marche parfaite des appareils. Ce résultat théorique s'est trouvé confirmé par l'expérience : en effet, quand on transmet des signaux avec quatre éléments de Pise à Pontedera, le courant donne à la boussole des sinus une déviation de 15° 1/2; avec cinq éléments, la déviation est de 20° 1/2; or, le courant de 12° du galvanomètre correspond à une déviation de 18° 1/2 sur la boussole des sinus: le courant normal est donc intermédiaire entre les courants obtenus avec quatre et cinq éléments; et avec ces derniers courants la transmission des dépêches est encore régulière et rapide.

M. Matteucci, à l'occasion de ces expériences, constata la supériorité évidente des appareils électriques dans lesquels l'électro-aimant

est entouré d'un fil fin et très-long sur ceux où ce fil est gros et court.

Il mit dans le circuit de Pontedera à Pise une machine à fil court, dont la résistance était égale à celle de trois milles du fil de fer de la ligne, et vit que l'intensité du courant estimée avec la boussole des sinus était de 26° 1/2 avec trois éléments, de 33° avec cinq éléments : elle était plus forte qu'avec un électro-aimant entouré d'un fil fin beaucoup plus long, et cependant la régularité et la rapidité des signaux laissaient beaucoup plus à désirer dans le premier cas que dans le second. On pouvait dans le second cas, sans empêcher, sans altérer en rien le jeu facile et rapide de l'appareil, augmenter dans une proportion assez grande la distance de l'ancre au fer doux, et laisser moins de liberté à l'aiguille du cadran. Il est donc bien certain que la force d'un électro-aimant faisant partie d'un circuit très-long est plus augmentée par l'accroissement du nombre des tours du fil, qu'elle n'est diminuée par l'augmentation de résistance apportée par les nouvelles circonvolutions.

Citons encore quelques expériences. La longueur du circuit entre Pise et Empoli est d'environ vingt-huit milles et demi ; en ajoutant à cette longueur les dix milles de fil de fer qui représentent la résistance du fil de l'électro-aimant, le circuit entier est de quarante milles environ, ou de huit unités de résistance ; la théorie indiquerait donc qu'il faut employer huit éléments pour obtenir l'intensité normale de 12 degrés. Or, l'expérience montre qu'avec huit éléments on obtient un courant de 19° 1/2 à la boussole des sinus, ou de 13° à peu près au galvanomètre, et qu'avec ce courant les signaux sont transmis régulièrement en raison de vingt-huit signaux par minute. Entre Pise et Florence, le circuit est de quarante-sept milles de longueur et de cinquante-sept milles avec les dix milles de fil de fer qui représentent le fil de l'électro-aimant : cela fait de onze à douze unités de résistance, et le service se fait très-bien en réalité avec douze éléments. De Sième enfin à Livourne, il y dix-sept unités de résistance, et il suffit de quinze à seize éléments pour que le télégraphe fonctionne parfaitement.

## ISOLEMENT IMPARFAIT DES FILS ; COURANTS DÉRIVÉS.

Nous avons supposé dans tout ce qui précède que le fil conducteur était parfaitement isolé, qu'il n'y avait ni perte d'électricité, ni cou-

rants dérivés par les poteaux. Mais l'expérience de tous les jours montre que, si on mesure sur plusieurs points d'un circuit d'une certaine longueur l'intensité du courant, on la trouve sensiblement plus grande près de la pile qu'à un certaine distance ; la différence observée croît même avec la longueur du circuit, c'est-à-dire qu'elle est plus grande sur une ligne télégraphique plus longue, soit que cela tienne à la nature intime du fil conducteur, ou à sa plus grande longueur.

Il résulterait des expériences faites par M. Bréguet sur la ligne de Paris à Rouen : 1° que dans un circuit moitié cuivre, moitié terre, l'intensité du courant mesurée tout près de la pile était à l'intensité de ce même courant mesurée à l'extrémité de la ligne comme 1,44 est à 1 ; 2° que dans un circuit de même longueur, moitié fer, moitié terre, le rapport 1,44 devenait 4,42. Dans le premier cas, les intensités près de la pile et à 137 kilomètres de distance étaient 0,6292, 0,4344 ; dans le second cas, ces nombres étaient remplacés par les suivants : 0,6236 et 0,1392.

D'autres expériences de M. Bréguet, faites dans le but de découvrir l'influence de la pluie et de l'humidité de l'air sur la déperdition du courant, sembleraient indiquer que le rapport des intensités mesurées près de la pile et à l'extrémité du circuit reste le même pendant les jours humides et les jours secs. Cette conclusion semble inadmissible à M. Matteucci, de quelque manière que l'on veuille interpréter la perte d'électricité le long du circuit ; d'autant plus, ajoute-t-il, que la diminution d'intensité du courant par un temps pluvieux est un fait de tous les instants, qui n'a échappé à aucun des employés du télégraphe électrique. Une pluie de courte durée, quoique abondante, ne modifie presque pas l'intensité du courant ; mais l'effet d'un temps humide et des pluies froides et prolongées est incontestable. Si M. Bréguet ne l'a pas constaté, c'est d'abord qu'il expérimentait peu après l'érection de la ligne, alors que l'isolement était beaucoup plus parfait ; et surtout parce qu'il a comparé les intensités mesurées pendant huit ou dix jours de pluie à celle du beau jour qui succéda tout à coup. Un jour de beau temps, ce n'est pas assez évidemment pour sécher les poteaux et mettre un terme à l'influence de la longue humidité causée par huit jours de pluie. M. Matteucci a trouvé cette question assez importante pour en faire l'objet d'expériences nombreuses.

Rien de plus facile d'abord que de se convaincre de la grande in-

fluence exercée sur l'intensité du courant par le mode d'isolement du fil conducteur. Ainsi, on n'isole pas un fil de cuivre de 2500 mètres de longueur et d'un diamètre assez gros, en le posant sur des clous plantés dans le tronc des arbres; l'intensité du courant est beaucoup plus grande alors près de la pile qu'à une certaine distance : quelque peu de rosée, aussi, qui tombe sur les poteaux suffit à rendre l'isolement imparfait. S'il n'est pas douteux que la déperdition d'électricité soit proportionnelle à la longueur du circuit et à la résistance du métal dont il se compose, il n'est pas moins certain que cette déperdition a pour cause les dérivations occasionnées par les poteaux qui soutiennent le fil. Les mille et mille courants dérivés qui naissent ainsi, pris isolément, sont certainement très-faibles, mais en s'ajoutant ils diminuent dans une proportion notable le courant principal. Citons quelques-uns des nombres obtenus par M. Matteucci.

*Expériences faites par un temps sec.*

1° Ligne de Pise à Livourne, environ 17 kilomètres; 4 éléments placés à Pise : intensité moyenne à Pise, 0,4536; intensité moyenne à Livourne, 0,4331 ; rapport des deux intensités, 1,02.

2° Ligne de Pise à Florence, 76 kilomètres; douze éléments placés à Pise : intensité moyenne à Pise, 0,4069; intensité moyenne à Florence, 0,3529; rapport des deux intensités, 1,15.

3° Ligne de Pise à Sienne, 107 kilomètres; 16 éléments placés à Pise : intensité à Pise, 0,4462; intensité à Sienne, 0,2924; rapport des deux intensités, 1,5.

*Expériences faites par un temps de pluie ou de brouillard.*

Ligne de Pise à Florence, 76 kilomètres; douze éléments placés à Pise : intensité du courant à Pise, 0,5373; intensité à Florence, 0,3090; rapport des deux intensités, 1,74, au lieu de 1,15 par un beau temps.

Par une pluie forte et prolongée l'intensité à Pise était 0,6361 ; l'intensité à Florence, 0,2588; le rapport des deux intensités, 2,45.

L'examen et la comparaison de ces nombres conduisent aux conclusions suivantes : 1° dans tout circuit mixte de fil métallique et de terre d'une certaine longueur, et dans lequel le fil conducteur est soutenu par des poteaux, il existe une déperdition de courant due à l'imper-

fection de l'isolement et aux courants dérivés qui en résultent. 2° Le rapport entre les deux intensités du courant, près de la pile et à l'extrémité du circuit, croît proportionnellement à la longueur du circuit. 3° L'intensité totale du courant dans le circuit primitif et les circuits dérivés est plus grande que celle du courant que la même pile ferait naître dans un circuit tout métallique, de résistance égale à celle du circuit primitif fil et terre, en le supposant à l'abri des courants dérivés; et de plus la différence entre ces deux intensités croît avec la longueur du circuit. M. Matteucci essaye d'expliquer par ce fait le résultat singulier de ses premières expériences, à savoir : que dans un circuit mixte et près de la pile le courant est plus intense que celui que la même pile ferait naître dans la seule partie métallique du circuit. 4° La déperdition du courant et le rapport entre les deux intensités près, et à la plus grande distance de la pile, sont indépendants du nombre des éléments. 5° La déperdition de courant est beaucoup plus grande par un fil de fer que par un fil de cuivre; mais le rapport des deux déperditions est plus petit que le rapport des conductibilités; ce fait résulte des expériences de M. Bréguet: il est donc vrai que l'intensité des courants dérivés croît proportionnellement avec la résistance du conducteur, et nous ne comprenons pas dès lors comment M. Matteucci a pu admettre à la fois et une résistance nulle et des courants dérivés, comme nous avons vu qu'il le faisait dans un de ses mémoires. 6° Avec un double fil métallique le rapport entre les intensités près, et à la distance *maximum* de la pile, est le même que s'il n'y avait qu'un seul fil; l'effet de la résistance réduite à moitié est donc compensé par le nombre devenu double des courants dérivés. 7° Pendant la pluie, surtout si elle est continue, et par un temps humide ou nébuleux, la déperdition augmente considérablement par l'effet des dérivations, et le rapport des intensités du courant près de la pile et à l'extrémité du circuit croît dans une proportion considérable.

Il nous semble naturel de placer à la suite de ces considératons sur l'isolement plus ou moins parfait des fils conducteurs, des observations importantes sur les différents modes de circuit, d'autant plus que l'emploi des fils souterrains a amené une nouvelle application des lois et de la formule de Ohm. Mais ces détails seront mieux appréciés si nous les faisons précéder de quelques considérations sur l'influence perturbatrice de l'électricité atmosphérique et du magnétisme terrestre.

## INFLUENCES DE L'ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE ET DU MAGNÉTISME TERRESTRE SUR LES TÉLÉGRAPHES ÉLECTRIQUES.

Ces influences sont de diverses sortes : continues, périodiques ou extraordinaires. Pour mettre en évidence la présence presque continuelle dans les fils conducteurs du télégraphe électrique de courants étrangers à l'action de la pile et provenant de l'électricité atmosphérique, il suffit d'introduire dans le circuit, comme l'a fait M. Baumgartner, un galvanomètre assez sensible, et d'enregistrer ses indications. Par un certain nombre d'expériences de ce genre, faites au mois de mars 1849 sur le fil conducteur de Vienne à Prague, long de cent vingt lieues, le savant physicien autrichien a constaté les faits suivants :

1° Le fil conducteur était sans cesse parcouru par des courants électriques accidentels.

2° Ces courants sont de deux sortes, les uns d'intensité plus grande, les autres d'intensité moindre. Les premiers sont plus rares, produisent à l'improviste des variations considérables d'intensité, et ne semblent soumis à aucune loi; les seconds, au contraire, plus faibles et assez journaliers lorsque l'air est sec et le ciel très-serein, changent régulièrement de direction entre la nuit et le jour ; le jour ils vont dans le fil du nord au sud-ouest, la nuit ils vont en sens contraire. Dans les terrains accidentés, dans les pays de montagnes, ces derniers courants prennent une plus grande intensité, et il arrive, à certaines heures du jour, qu'ils opposent un obstacle invincible à la transmission des dépêches.

3° L'intensité de ces deux sortes de courants augmente considérablement à mesure que l'on s'approche davantage des points où les extrémités des fils plongent dans le sol.

En expérimentant sur les fils des télégraphes anglais, M. Barlow a vu de son côté que la direction des courants périodiques changeait pendant la nuit, et que le moment où, leur action cessant, l'aiguille du galvanomètre revenait à zéro, tombait entre 7 et 10 heures soit le matin, soit le soir. L'intensité de ces courants était *maximum* quand le fil conducteur se dirigeait du nord-est au sud-ouest, *minimum* dans la direction du sud-ouest au nord-ouest ; elle était incertaine et irrégulière quand la direction de la ligne droite qui unit les deux points extrêmes du circuit, coïncidait avec la ligne nord-ouest sud-ouest,

Ces faits mettent en évidence un accord remarquable entre les variations diurnes de l'aiguille de déclinaison et l'intensité des courants accidentels dans les fils du télégraphe.

On sait depuis longtemps que, si l'on fait passer un courant électrique dans un circuit mixte formé d'un fil métallique et d'une couche liquide, et qu'après avoir enlevé la pile, on ferme le circuit, on voit apparaître et persister pendant quelque temps un courant secondaire qui dans le liquide va en sens contraire du courant primitif. Or, il existe quelque chose de semblable dans les circuits télégraphiques, toutes les fois qu'après avoir fait passer le courant nécessaire aux besoins du service, on l'interrompt immédiatement : en fermant alors le circuit sans la pile on voit naître un courant secondaire qui dans la terre va en sens contraire du courant qui transmettrait les dépêches. Nous ne pensons pas, comme M. Matteucci semble l'insinuer, que ce courant soit celui que MM. Baumgartner et Barlow ont observé.

Dans la nuit du 17 novembre 1848, vers 9 heures 1/2 du soir, on observa à Pise et dans toute la Toscane une aurore boréale; et pendant tout le temps que ce météore demeura visible, c'est-à-dire pendant plus d'une heure, les appareils télégraphiques cessèrent de fonctionner ou fonctionnèrent d'une manière tout à fait irrégulière. Pendant ce même temps les aiguilles des galvanomètres indiquaient des courants étrangers plus forts que de coutume et dont la direction variait d'un instant à l'autre. Cette même influence fut remarquée en Angleterre et en Amérique, et fait mieux ressortir la réalité des rapports existant entre l'aurore boréale et les courants électriques de la terre. S'il restait des doutes, dit M. Walker dans son manuel, sur la nature électrique de l'aurore boréale, ils seraient dissipés par l'influence de ce météore sur les aiguilles du télégraphe électrique. Quand une aurore boréale approche, les aiguilles sont agitées comme si un fort courant circulait le long des fils, elles s'écartent brusquement tantôt à droite, tantôt à gauche et changent ainsi de direction plusieurs fois par seconde, ou se meuvent lentement et restent écartées pendant quelques minutes. Ces accidents sont plus rares sur la ligne de Reigate à Douvres, qui va de l'est à l'ouest, et sur celle de Londres à Reigate, du nord au sud; quand on les voit se manifester, on pronostique une aurore boréale qui ne manque presque jamais d'apparaître, et dont les différentes phases sont signalées par des perturbations plus ou moins grandes. Sur la ligne d'Ashfort à Ramsgate, ligne dont la direction

coïncide presque avec la courbe d'égale inclinaison magnétique, les mouvements accidentels des aiguilles du télégraphe électrique sont incomparablement plus fréquents; en 1847 et 1848 ils étaient si journaliers et si brusques qu'on ne pouvait transmettre les signaux qu'avec une extrême difficulté; en 1849, au contraire, ces perturbations furent relativement très-rares.

C'est aussi un fait désormais établi que l'influence des nuages électriques isolés sur le circuit des lignes télégraphiques, et cette influence pouvait être prévue par la théorie. Quand un de ces nuages passe sur le circuit dans une certaine direction, il donne naissance à un courant électrique, et l'aiguille du galvanomètre est déviée. Si un autre nuage passe dans une autre direction, la déviation a lieu en sens contraire. Ces courants sont évidemment un effet d'induction électrique, et ils sont quelquefois assez intenses pour mettre le télégraphe en action, rendre actifs les électro-aimants, et changer le magnétisme des aiguilles. Aussi quand on aperçoit un nuage fortement électrisé, il est très-prudent de rompre la communication sur un point de la ligne, de plonger dans le sol les extrémités des fils et de mettre les appareils en dehors du circuit. Parce qu'on n'avait pas eu cette précaution, il est arrivé quelquefois que des décharges électriques très-fortes ont fondu les fils des électro-aimants. Le 29 avril 1840, la foudre tomba sur le fil du télégraphe de Morse à Lancaster en Amérique sans cependant le fondre, sans même le rompre : dans le cabinet de la station on entendit un bruit semblable à celui d'un coup de pistolet, et de brillantes étincelles jaillirent de différents côtés. Le 18 mai 1845, le fil, au contraire, fut brisé par la foudre, plusieurs poteaux furent fendus et réduits en éclats, on suivait dans leur intérieur la marche du fluide électrique. Le même accident arriva le 3 et le 4 juin. Le mercredi 2 avril 1847, à 5 heures du soir, pendant une forte pluie, la sonnerie du télégraphe électrique de Paris à Saint-Germain se mit à carillonner : les aiguilles marchèrent comme si on eût transmis une dépêche; une forte détonation se fit entendre, et une vive lumière apparut le long des conducteurs fixés aux parois de la cabane du Vésinet. Les conducteurs du diamètre de 2/10 à 5/10 de millimètre tombèrent en morceaux tellement chauds, qu'ils laissèrent des traces de brûlures sur les tables en bois qui les reçurent; ils étaient en partie fondus : les fils des électro-aimants des appareils télégraphiques furent rompus; l'employé reçut une forte secousse dans tout le corps. Le 8 août 1849, sur l'embranchement de

Ramsgate, pendant un violent orage, trois poteaux non protégés par des paratonnères furent brûlés ; la foudre entra dans les cabinets des stations de Chilham et d'Ashford et fit explosion ; le fil de la bobine du carillon fut brûlé, ainsi que ceux des bobines du galvanomètre, etc., etc. Ces terribles effets sont dus sans doute tantôt à des décharges directes de l'électricité des nuages, tantôt à des courants d'induction très-intenses produits par cette électricité. Nous montrerons plus tard comment, pour se mettre à l'abri de ces accidents, il faut espacer les paratonnères sur la ligne télégraphique. Signalons un dernier accident : Un ouragan d'une violence extrême se déchaîna, le samedi 28 mars 1847, sur la côte atlantique de l'Amérique : sur une étendue de plus de 50 milles, quelques poteaux de la ligne restaient seuls debout ; et ce qui est vraiment extraordinaire, une couche de glace d'un pouce d'épaisseur recouvrait les fils conducteurs. Tous les jours, sur les lignes télégraphiques, on voit les vapeurs de l'atmosphère et des machines locomotives se condenser sur les fils du télégraphe et augmenter considérablement leur diamètre. L'électricité joue-t-elle un rôle dans cette condensation mystérieuse ? Nous ne saurions le dire.

## FILS CONDUCTEURS AÉRIENS ET SOUTERRAINS.

Les inconvénients des fils conducteurs aériens sont faciles à énumérer : 1° ils sont exposés à mille accidents ; la malveillance peut les briser sans peine : les locomotives qui sortent des rails renversent les poteaux, emportent les fils et interrompent les communications. 2° L'électricité atmosphérique et les décharges électriques produisent des perturbations fréquentes, et détruisent quelquefois les appareils. 3° Les orages et les vents impétueux rapprochent les fils, les amènent jusqu'au contact et le courant ne passe plus. 4° Les pluies prolongées augmentent dans une grande proportion les déperditions de fluide électrique et ralentissent le jeu des machines, etc. 5° On a été forcé de renoncer aux fils de cuivre, qui s'allongeaient démesurément, s'amincissaient presque à vue d'œil, et se cassaient très-rapidement : les fils de fer qu'on leur a substitués, exposés aux alternatives des saisons, des agents atmosphériques, des courants électriques, et mis sans cesse en vibration par les mouvements de l'air, deviennent aigres et cassants ; il faut assez souvent les renouveler : leur cassure grenue indique un nouvel arrangement moléculaire, une sorte de trempe ou de

cristallisation, etc., etc. La galvanisation de ces fils et la couche d'étain ou de zinc dont on les recouvre diminuent quelque peu ces inconvénients; mais ils sont toujours graves, et presque dès l'origine de la télégraphie, on pensa à substituer aux fils aériens des conducteurs souterrains. M. Jacobi de Saint-Pétersbourg a longtemps étudié ce problème, et l'a résolu le premier, en partie du moins, sur une petite ligne télégraphique. Je le laisserai exposer lui-même, dans une lettre écrite à M. Bréguet, les difficultés qu'il rencontra dans ces essais.

« Le placement des fils conducteurs dans l'air n'est, dit-il, qu'un pis aller; leur installation sous terre est le seul mode parfait; mais je considère comme une des fatalités de ma vie la nécessité où je me suis trouvé de m'occuper de cet épineux problème.....

» Les tubes dont je me sers ont environ neuf millimètres de diamètre intérieur, deux millimètres d'épaisseur de la paroi, et de deux à trois mètres de longueur. Je les joins ensemble par des bandes de caoutchouc recouvertes d'une solution de la même substance; j'entoure de ces bandes les bouts des tubes sur une longueur d'environ huit centimètres pour augmenter l'adhésion du caoutchouc. Les tubes sont placés dans des rainures creusées dans des solivaux ou madriers, et recouverts d'un couvercle en bois... Le vide des rainures, qui ont 25 centimètres de côté, peut être rempli d'un mélange de trois parties de plâtre ou de poudre de brique avec une partie de suif fondu... Je vous avertis de ne point essayer de tirer ces fils nus à travers les tubes; j'ai fait moi-même des expériences bien fâcheuses à cet égard : quoique le fil eût été parfaitement recuit, l'intérieur des tubes a été fortement éraillé ou rayé, et il y en avait beaucoup de cassés par le seul tirage des fils. Ayant plus tard fait recouvrir les conducteurs d'une couche peu épaisse de fil de coton, et les ayant graissés ensuite avec un mélange de suif et de cire, ces fâcheux accidents ne se sont plus reproduits... »

En Angleterre et en Amérique on avait eu recours, sur des trajets de peu d'étendue, à des conduits en fonte ou à des tubes en plomb pour protéger contre l'humidité du sol l'enveloppe de fil de coton vernissé dont les fils étaient recouverts; mais, par ce procédé, l'isolement du fil conducteur était par trop imparfait.

Heureusement qu'en 1843 l'industrie entra en possession d'une matière première nouvelle, la gutta-percha, importée de Chine, et que le docteur Montgomery introduisit le premier en Europe. C'est une

substance imperméable à l'eau et analogue au caoutchouc. Elle se ramollit par la chaleur, mais durcit de nouveau en se refroidissant, et conserve la forme que le moulage à chaud lui avait donnée. Quoique j'aie sous la main tous les documents officiels, il me serait impossible de dire à qui revient la premiere pensée de la préparation des fils conduc. teurs avec la gutta-percha. Il paraît du moins certain que la première application en grand de ces fils sur une ligne utile a été faite à Berlin par M. Siemens. Il commença ses expériences en automne 1846, et dès le printemps de 1847 elles furent assez avancées pour qu'il pût proposer à la commission de télégraphie électrique de Prusse d'adopter définitivement les nouveaux conducteurs souterrains. La commission le chargea d'abord de l'exécution d'une ligne d'épreuve de 19 kilomètres de longueur, et ce premier essai ayant réussi, le gouvernement, au printemps de 1848, adopta définitivement les fils recouverts de gutta-percha pour toutes les lignes télégraphiques à exécuter dans l'étendue de la monarchie prussienne, à l'exception des trajets où n'existeraient encore ni grandes routes, ni chemins de fer. Nous dirons dans la partie pratique de cet ouvrage comment M. Siemens prépare ses fils.

Quelques précautions que l'on prenne dans cette préparation, il arrive pourtant de temps à autre que sur certains points l'enduit présente des solutions de continuité qui nuiraient à l'isolement. Avant d'enterrer les fils, il faut donc les essayer. Voici comment on s'y prend pour cela. L'ouvrier saisit de l'une de ses mains l'un des bouts d'une bobine à induction, dont l'autre bout communique à l'une des extrémités du fil : on fait passer successivement tous les points du fil dans un baquet rempli d'eau acidulée au sein de laquelle l'ouvrier plonge son autre main : un interrupteur à lame vibrante de Neff, que nous décrirons plus tard, rend les courants d'induction intermittents et par conséquent sensibles. Aussitôt que, dans la marche progressive du fil à travers le baquet, on arrive à une solution de continuité, le métal à nu, venant en contact avec l'eau acidulée, ferme le courant, et l'ouvrier éprouve une série de commotions très-vives qui le rendent attentif malgré lui. Il regarde, constate le défaut et le répare. Quand on l'a ainsi essayé et réparé, le fil est soumis à une dernière épreuve qui consiste à l'immerger en même temps sur toute sa longueur, les deux bouts exceptés, dans un baquet d'eau acidulée, dans laquelle plonge aussi l'une des extrémités du fil long de 12000 tours

d'un galvanomètre à aiguille astatique, tandis que la seconde extrémité de ce fil communique à travers une pile de Daniel de 8 éléments avec l'un des bouts du fil. La moindre imperfection d'isolement qui existe encore dans le fil se traduit aussitôt par une déviation de l'aiguille du galvanomètre.

On couche les fils, sans autre lit artificiel, dans la tranchée ouverte sur la chaussée du chemin de fer, à une profondeur de 8 centimètres. Chaque fil partiel a 300 mètres de longueur; on les soude bout à bout, et l'on enveloppe les soudures de gutta-percha fondue. Sur les ponts, lorsqu'on ne peut pas enterrer le fil à une certaine profondeur, et s'il s'agit de traverser une étendue d'eau, on insère le fil dans des tubes ou conduits de fer.

Pour explorer de nouveau la continuité et l'isolement du fil mis en place, avant qu'on ne le recouvre, on installe à la station de départ un petit mouvement d'horlogerie qui de deux en deux minutes fait communiquer pendant quelques secondes l'extrémité du fil avec le sol: chaque fois que les ouvriers sont arrivés au bout d'un fil, ils établissent de leur côté une communication entre ce bout libre, un galvanomètre, une pile et le sol: si le fil métallique est intact, il faut que toutes les deux minutes l'aiguille soit déviée; et si l'isolement est parfait, il faut que dans les intervalles elle revienne à zéro.

Il peut se faire que, sur une ligne souterraine d'exécution irréprochable à l'origine, il arrive avec le temps que le circuit soit interrompu ou que l'isolement devienne imparfait. Ce seront, ou des solutions de continuité dans l'enduit, qui donnent peu à peu accès à l'humidité du sol, ou des ruptures du fil dues à la malveillance, à des accidents, etc., etc. Comment reconnaître sans trop de peine et le plus promptement possible le lieu précis de la solution de continuité. On y parvient à l'aide d'une formule déduite des lois de Ohm.

Désignons par A et A′ les stations télégraphiques entre lesquelles existe la lésion dans l'enveloppe du fil; par R, R′ les résistances des portions de fils comprises entre le point *a* de lésion et les extrémités A et A′; par *R* et *R′* les résistances qu'éprouve le courant à passer du fil au sol par les plaques enfouies ou submergées en A et A′; par *r* enfin la résistance que ce même courant éprouve à passer du fil au sol au point de lésion *a*. Alors en faisant communiquer au sol l'extrémité A′ du fil directement, et l'extrémité A par l'intermédiaire de la pile, et appelant F, F′ les intensités du courant mesurées en A et A′ à

l'aide de galvanomètres comparables, ou par un autre moyen, on aura

$$F = \frac{r}{R' + R' + r} F', \text{ d'où } \frac{R' + R'}{r} = \frac{F' - F}{F}$$

Maintenant renversons cette disposition de telle sorte que ce soit le point A qui communique directement avec le sol, et l'extrémité A′ par la pile ; faisons circuler le courant dans le fil en sens contraire, pour que la résistance $r$ ait la même valeur qu'auparavant, et nommons $F$, $F'$ les nouvelles intensités du courant en A et B : on aura cette fois :

$$\frac{R + R}{r} = \frac{F' - F}{F}, \text{ et par suite } \frac{R + R}{R' + R'} = \frac{(F - F')\,F}{(F - F')\,F}.$$

Cette dernière équation donnera la valeur du rapport R/R′, égal au rapport des distances A$a$, A$a'$ du lieu de lésion $a$ aux points extrêmes A, A′. On connaîtra donc approximativement la position de ce point. Je dis approximativement, car on a négligé la résistance de la pile, comme on aurait pu aussi négliger à la rigueur les résistances $R$, $R'$ dont la somme est ce que l'on pourrait appeler la résistance de la terre.

L'expérience montre que par cette méthode on détermine la position du point de lésion à un centième près de la distance entre les stations extrêmes A et A′, pourvu toutefois que le reste du circuit soit bien isolé. Pour approcher de plus en plus de ce point, on procède de la manière suivante : les extrémités A et A′ du fil étant bien isolées, on se transporte à égale distance de ces deux stations, l'on y coupe le fil, et l'on réunit successivement au sol les deux bouts du fil coupé par l'intermédiaire d'une pile et d'un galvanomètre convenablement sensible. La lésion évidemment doit se trouver du côté du bout où l'aiguille est déviée : la longueur du fil qui renferme la lésion est alors réduite de moitié. Après avoir rétabli le fil, on va répéter la même opération au milieu de la distance comprise entre les deux nouvelles limites, et ainsi de suite. Douze bissections entre deux stations distantes de 20 kilomètres suffisent pour préciser le lieu de la lésion à quelques mètres près. Il n'y a plus alors qu'à déterrer ces quelques mètres de fil et à réparer la lésion par le procédé ordinaire.

S'il s'agit d'une rupture, on établit à l'une des stations télégraphiques une pile en communication d'une part avec le fil, de l'autre avec le sol ; puis, marchant le long du circuit, on plonge de temps en temps dans l'enduit isolant jusqu'au contact du fil métallique un stylet très-

pointu, en appliquant la langue à son autre extrémité; la présence du courant se manifeste par une saveur ou sensation particulière, et son absence par l'absence de toute saveur ou sensation. Ce moyen suffit, mais on peut aussi se servir du galvanomètre.

Si l'on a eu soin, dans l'établissement de la ligne, de ménager de distance en distance des points d'accès facile au fil souterrain, et si dans le cours de l'opération on accélère le transport des ouvriers à l'aide d'une draisine, il suffit d'une couple d'heures pour réparer le fil sur une distance de vingt kilomètres.

Nous verrons que les fils souterrains coûtent deux ou trois fois plus cher que les fils aériens; et de plus l'addition d'un nouveau fil à la ligne télégraphique exige qu'on ouvre une tranchée de la longueur de cette ligne, tandis que dans le système des fils aériens les mêmes poteaux sont tout prêts à recevoir un nouveau fil. Mais ces deux inconvénients sont largement compensés suivant M. Siemens par des avantages incontestables. Sur une ligne avec fils enduits de gutta-percha, la surveillance est presque inutile, les réparations annuelles sont insignifiantes, etc., etc. L'isolement des fils souterrains n'est peut-être pas aussi parfait que celui des fils aériens suspendus à l'aide de cloches, mais en revanche cet isolement n'est plus si souvent compromis par les circonstances atmosphériques, par les pluies abondantes en été, par la neige en hiver. Les fils souterrains fonctionnent par tous les temps avec cette régularité qu'on attendait de la télégraphie électrique, et que les fils aériens n'ont pas pu donner. Mais l'avantage incomparable, c'est que ni l'électricité atmosphérique développée par un ciel serein, ni les courants directs produits par le passage des nuages orageux, ni les décharges brusques, ni les éclats de la foudre pendant les orages, ne peuvent influencer les fils souterrains, à cause de la couche conductrice du sol qui les recouvre. On n'a plus à redouter en fait de perturbations de ce genre que des courants produits par des chocs en retour au moment d'une forte décharge électrique.

Les conducteurs souterrains donnent lieu à quelques phénomènes remarquables que nous analyserons rapidement : 1° Supposons que l'extrémité B du fil soit isolée et qu'on fasse communiquer l'autre extrémité A au pôle d'une pile dont l'autre pôle communique avec le sol : à l'instant où la communication a lieu, on observe dans les portions du fil voisines de la pile un courant dans la même direction que le courant qui s'établirait si on fermait le circuit en réunissant l'extrémité B

au sol. Si l'on substitue tout à coup à la pile, par un mouvement de bascule, un conducteur inerte, on obtient un second courant en sens inverse du premier, et d'intensité à peu près égale. On observerait un courant de même sens que le premier en isolant l'extrémité A et faisant communiquer B avec le sol. Ces courants sont d'autant plus sensibles que le fil est mieux isolé; leur durée est tout à fait courte, ils disparaissent presque instantanément si le fil souterrain est parfaitement isolé; leur intensité est proportionnelle à la force de la pile et à la longueur du fil. Pour expliquer l'apparition de ces courants, il suffit de recourir à l'expérience par laquelle Volta mit en évidence l'identité du galvanisme et de l'électricité. Il montra qu'en faisant communiquer l'un des pôles de sa pile avec le sol, et l'autre avec l'armature intérieure d'une bouteille de Leyde non isolée, on obtient, dans un espace de temps presque insensible, une charge de la bouteille proportionnelle à la force de la pile; en même temps qu'on observe entre la pile et l'armature interne un véritable courant presque instantané! Or, ajoute M. Siemens, le fil souterrain, avec son enduit isolant, peut être assimilé à une immense batterie électrique : le verre des jarres, c'est l'enduit de gutta-percha; l'armature interne, c'est la surface du fil de cuivre; l'armature externe, c'est le sol humide, etc.: la surface du fil équivaut à environ 7 mètres carrés par kilomètre. Quand on fait communiquer le fil par l'une de ses extrémités à une pile dont l'autre extrémité communique au sol, tout en maintenant isolée l'autre extrémité du fil, il faut absolument que le fil prenne une charge de même signe et de même tension que le pôle de la pile avec lequel il est en contact. M. Siemens ne dit pas sur quelles longueurs de fil il a opéré : si le fil avait été très-long, ce courant, analogue à ceux observés par M. Magrini, aurait peut-être persisté. Il ne dit pas non plus que des phénomènes semblables à ceux de la bouteille de Leyde avaient été observés par M. Jacobi sur ses fils renfermés dans des tubes de verre; ils étaient quelquefois si intenses qu'ils s'opposaient entièrement au passage du courant primitif direct et à la transmission des dépêches.

2° Quand, par suite de son isolement défectueux, le fil donnait lieu à des circuits dérivateurs, les courants dérivés semblaient toujours plus intenses lorsque le fil prenait à la pile l'électricité positive; il diminuait sensiblement quand on établissait la communication en sens contraire.

3° Enfin M. Siemens croit avoir constaté aussi l'influence des aurores boréales sur les lignes souterraines. Le fait le plus saillant de ce genre observé par lui se montra le 18 octobre 1848 sur la ligne de Berlin à Coethen, longue d'environ 150 kilomètres, et dirigée à peu près de l'est-nord-est à l'ouest-sud-ouest, perpendiculairement par conséquent au méridien magnétique. Vers la nuit tombante, une magnifique aurore borcale se déclara à l'horizon ; le télégraphe fonctionna irrégulièrement, et M. Siemens apprit plus tard par les journaux que tous les télégraphes de l'Angleterre refusèrent le service dans cette même soirée.

Les fils souterrains ont été soumis dans la Thuringe à une rude épreuve : la ligne télégraphique était à peine établie lorsque la révolution éclata. Une des premières pensées des insurgés fut d'intercepter les communications ; ils coupèrent donc les fils ou endommagèrent sur plusieurs ponts, avec des pelles, l'enveloppe en gutta-percha. Mais la lésion venait à peine d'être faite qu'elle était déjà réparée ; de telle sorte que les insurgés, dit M. Steinheil, las de leur insuccès, renoncèrent à leur projet. Sur une longueur de 44 lieues, il y eut à la fois vingt-six ruptures ; un seul ouvrier répara cette longue ligne en trois semaines.

Malgré cette longue expérience et l'évidence des faits, l'administration française des télégraphes ne croit pas aux avantages des conducteurs souterrains ; elle persiste à affirmer que l'on n'obtient pas par ce moyen l'isolement et l'intensité de courant nécessaires à un bon service télégraphique ; cet excès d'incrédulité ne me semble ni assez raisonné, ni assez raisonnable, et on s'en repentira bien certainement. Je ne comprends pas que ce qui a si bien réussi en Angleterre et en Allemagne puisse ne pas réussir en France. M. Walker dit dans son Manuel qu'il a pu réaliser avec les fils recouverts de gutta-percha des transmissions qui étaient impossibles avec les fils aériens ; ces fils ont parfaitement résisté à toutes les épreuves, et il ne doute pas qu'on en fasse usage à l'avenir comme fils conducteurs sous le pavé des rues. Que l'administration française au moins fasse disparaître cette trop longue suite de supports mesquins et de fils superposés qui couronnent si désagréablement les murs de la cité, quelques-uns de nos ponts et de nos somptueux édifices, qui dans les jours d'émeute semblent dressés exprès pour appeler l'attention et provoquer la main qui peut si facilement les détruire.

Terminons ce trop long chapitre sur les fils conducteurs en rappelant une curieuse expérience de M. Bréguet.

« De concert, dit-il, avec M. Gounelle, nous essayâmes de transmettre dans le même moment, sur la ligne de Paris à Rouen, des signaux en sens inverses. Les signaux se reproduisirent de part et d'autre avec la plus parfaite exactitude. Cette expérience fut répétée plusieurs fois, le 7 avril 1847 entre autres, devant une commission de la chambre des députés, et la réussite fut toujours complète. » Faut-il conclure de là que l'on puisse habituellement correspondre ainsi à la fois des deux stations extrêmes à travers un même fil? Telle n'a pas été sans doute la pensée de MM. Gounelle et Bréguet, et très-probablement, si on l'essayait, on éprouverait beaucoup de mécomptes : Cependant le fait du passage simultané de courants en sens contraire peut être assimilé à celui d'une multitude de rayons lumineux partant ensemble de tous les points d'un vaste horizon, et traversant le même petit trou percé dans une carte sans que la vision cesse d'être distincte.

MM. Bréguet et Gounelle réussirent aussi à transmettre des signaux de Rouen à Paris, sur une distance de 137 kilomètres, avec un seul élément, et ils en conclurent avec raison que leur fil conducteur était bien isolé, que leur appareil est suffisamment sensible.

On vient de voir que la théorie d'Ampère conduisait à une explication facile et complète de ce fait éclatant, que l'intensité du courant électrique se trouve doublée quand la moitié du fil conducteur est remplacée par la terre. Une bonne fortune nous a mis en possession, depuis plus de vingt-cinq ans, du mémoire dans lequel Ampère avait exposé l'ensemble de ses idées sur le mode de transmission des courants électriques et la théorie électro-chimique. Nous croyons que ce mémoire n'a jamais été imprimé; et il nous a semblé qu'il formerait un appendice curieux à nos recherches sur la télégraphie électrique; nous le donnons donc ici à nos lecteurs, tel qu'il fut écrit sous la dictée de l'immortel physicien.

Quelques hommes éminents, dans ces dernières années, ont été fatalement amenés à révoquer en doute les principes incontestables de l'électro-chimie. Les motifs de cette lutte acharnée sont peu dignes, avouons-le, d'un esprit philosophique : ce fut une sorte de découragement produit par la difficulté d'expliquer quelques phénomènes délicats de substitution. Nous comprenons qu'en présence de faits nouveaux et imprévus, on se soit cru obligé d'énoncer un principe

additionnel, d'accorder à la forme des molécules une part importante dans leurs groupements, de ne pas faire dépendre uniquement les combinaisons de l'état électrique des molécules qui s'unissent; mais que par une exagération inconsidérée on vienne à renverser brutalement la doctrine la plus certaine et la plus féconde qu'il ait été donné à l'esprit humain de formuler, nous ne le comprendrons jamais. On a pu trop étendre la théorie électro-chimique, on a pu en faire de malheureuses applications, mais elle est certainement vraie au fond, et elle ne peut être remplacée par rien, et elle survivra aux attaques téméraires dont elle a été l'objet. Nous sommes heureux de pouvoir reproduire les pages profondes qu'Ampère consacra à l'exposition de ces grandes lois, mieux conçues et mieux énoncées par lui que par tous les savants contemporains.

---

## CHAPITRE CINQUIÈME SUPPLÉMENTAIRE.

### Sur le mode de transmission des courants électriques et la théorie électro-chimique, par M. André-Marie Ampère.

« Le fait de la décomposition des corps composés par l'action de la pile voltaïque a donné lieu de soupçonner que l'électricité joue un grand rôle dans les combinaisons chimiques. Je me propose ici de déduire la théorie électro-chimique des principes que j'ai suivis dans mon cours au collége de France.

Je transporterai aux molécules des corps les forces électriques dont l'effet a été observé sur des corps d'un volume fini : je tâcherai de suivre, autant que possible, les conséquences de cette hypothèse pour les comparer avec l'expérience qui seule peut la détruire ou la confirmer.

Si donc nous admettons que les particules des corps soient naturellement dans un état électrique permanent, il résulte de l'ensemble des faits observés que nous devons regarder comme électro-négatifs, c'est-à-dire comme renfermant par leur nature une quantité plus ou moins grande d'électricité négative, tous les corps qui dans les décompositions chimiques par la pile, se portent habituellement au pôle positif, comme s'ils avaient de l'affinité pour l'électricité positive, tandis que nous regarderons comme électro-positifs ceux qui se portent de préférence au pôle négatif.

Ainsi le fluor, l'iode, l'oxygène, le chlore, les acides, etc., seront électro-négatifs; l'hydrogène, les oxydes, les alcalis, les métaux, etc., seront électro-positifs.

Mais si les particules des corps sont naturellement dans un état électrique, on peut se demander pourquoi ils ne donnent eux-mêmes aucun signe d'électricité. Il est facile de répondre. En effet, les particules des corps se sont trouvées en contact avec des corps plus ou moins conducteurs, puisqu'aucun corps n'est complétement dépourvu de la faculté conductrice avec le temps : elles ont agi par influence pour attirer l'électricité de nom contraire à la leur et pour repousser l'électricité de même nom; par ce moyen elles se sont formé comme une petite atmosphère électrique qui, à toute distance sensible, dissimule leur électricité propre : elles peuvent être assimilées à de petites bouteilles de Leyde.

Examinons de plus près jusqu'à quel point cette hypothèse est admissible. Considérons un atome d'un corps simple ou d'un corps supposé tel, par exemple, un atome A de zinc.

Il est électro-positif; il doit donc avoir une atmosphère électro-négative.

Pour fixer les idées, supposons une forme à cet atome, par exemple, la forme d'une sphère, planche III, fig. 1. Si l'atome est simple, il faut supposer la vertu électrique répandue uniformément dans toute son étendue. Alors l'action électrique s'exercera comme si tout le fluide était réuni au centre de l'atome A. Cela posé, il résulterait des lois ordinaires de l'électricité que l'atmosphère devrait avoir une épaisseur infiniment petite. Car si nous lui supposons une épaisseur finie EF, une molécule de fluide électrique neutre placée en F ne devra éprouver aucune action : or l'atmosphère électrique agira comme si elle était tout entière au centre C, et il en sera de même de l'électricité propre de l'atome; si donc on conçoit une molécule de fluide neutre en D, cette molécule sera soumise à l'action du fluide propre, comme s'il était concentré en C, et seulement à l'action de la portion de l'atmosphère dont l'épaisseur serait ED; donc s'il y a équilibre pour le point F il n'y aura pas équilibre pour le point D. Il faudrait donc que l'épaisseur EF fût pour ainsi dire nulle, et alors tout se passerait comme si l'atome était absolument dans un état neutre : quant à l'électricité de l'atmosphère, elle devra aussi être considérée comme

nulle ; on ne pourrait donc tirer, dans ce cas, aucune conséquence de l'hypothèse admise.

Mais il résulterait des mêmes principes que la couche électrique répandue dans une sphère métallique, par exemple, se réduirait à une surface mathématique, ce qui est impossible. Il faut donc supposer que cette couche a au moins une épaisseur comparable à la distance des particules et des atomes, et cela ne peut avoir lieu qu'autant qu'on supposera que les atomes des fluides électriques réagissent les uns sur les autres à des distances très-petites, suivant une autre loi que celle de la raison inverse du carré des distances. On peut admettre ce principe sans répugnance, comme on admet que l'action capillaire suit une autre loi que la gravitation universelle.

C'est donc à cette hypothèse que nous nous arrêterons, et nous supposerons que l'atmosphère électrique d'un atome s'étend à une distance comparable aux dimensions des atomes et à leurs distances respectives ; et cela quelle que soit la forme des atomes, comme on peut facilement le concevoir.

Considérons maintenant une masse métallique quelconque : ce sera comme un système d'atomes liés entre eux invariablement. Chacun de ces atomes, électro-positif par sa nature, aura une atmosphère électro-négative. Mais il est aisé de concevoir que toutes les atmosphères électro-négatives, en vertu de la force moléculaire dont nous venons de parler, réagiront les unes sur les autres, de sorte qu'il y aura une certaine quantité d'électricité négative distribuée d'une manière continue entre les atomes, plus intense seulement près de ces atomes ; outre cela, il y aura une grande quantité de fluide neutre répandu entre les mêmes atomes. Il est évident que ces considérations peuvent s'appliquer à des corps électro-négatifs et aussi à des corps composés dans lesquels, au lieu d'atomes simples, on aurait des particules composées. Ainsi nous considérerons dans les corps quelconques deux sortes d'électricité, l'électricité inhérente aux atomes ou aux particules du corps, et une électricité intermoléculaire formée d'un excès d'électricité contraire mêlée avec une quantité considérable de fluide neutre. Il faudra qu'il y ait équilibre entre les forces électriques, sans quoi il y aurait décomposition dans le fluide neutre intermoléculaire : ainsi l'électricité inhérente aux particules du corps devra être dissimulée par l'excès d'électricité contraire qui se trouve dans l'électricité intermoléculaire.

Nous allons chercher maintenant si ces notions n'ont rien d'incompatible avec le mouvement de l'électricité dans les corps conducteurs.

Soit un conducteur A B, planche III, fig. 2, en présence d'une source C d'électricité, dont l'intensité puisse être augmentée à volonté. On peut supposer, par exemple, que C soit le conducteur d'une machine électrique ordinaire, et qu'on augmente progressivement la charge de ce conducteur en faisant tourner le plateau; l'électricité sera positive en C. Dans la théorie ordinaire de l'électricité, on se contente de dire que l'électricité positive de C agit par influence sur le fluide neutre de A B, attire en A le fluide négatif, repousse en B le fluide positif, et l'on paraît croire que cette séparation des deux fluides se fait tout d'un coup, parce qu'en effet le phénomène a lieu dans un temps très-court. Cette explication brute, qui suffit dans un certain nombre de cas, est pourtant en contradiction avec les notions généralement admises.

En effet, si la molécule $m$ de fluide neutre est décomposée par l'influence de l'électricité accumulée en C, fig. 3, la molécule négative $n$ est attirée à l'extrémité A, la molécule positive $p$ est repoussée, mais il est évident que cette molécule ne peut être chassée tout d'un coup à l'extrémité B, car elle ne peut traverser ainsi tout le corps conducteur A B qui est rempli de fluide neutre, sans agir par attraction sur les molécules négatives, par répulsion sur les molécules positives. Observons, outre cela, que l'influence de C s'étend sur toutes les molécules $m$, $m'$, $m''$, du fluide neutre; au premier instant, les molécules $n$, $n'$, $n''$ sont attirées, les molécules $p$, $p'$, $p''$ repoussées, de manière à prendre la disposition que représente la figure : cette disposition est encore favorisée par la réaction mutuelle des molécules $p$ et $n'$, $p'$ et $n''$, etc. Dans l'instant suivant, la molécule $p$ se réunira avec la molécule $n'$ et formera une molécule neutre; la molécule $p'$ se réunira avec la molécule $n''$, et ainsi de suite, et alors il restera à l'extrémité B une molécule positive P.

Ce que nous venons de dire pour la série des molécules $m$, $m'$, $m''$, peut se dire également de plusieurs séries de molécules neutres voisines de celles-là; en sorte qu'après ces décompositions et ces recompositions intermédiaires dans tout le conducteur A B, il restera en B un excès d'électricité positive qui satisfera aux conditions d'équilibre ordinaires.

Si l'intensité de l'électricité en C vient à augmenter, les intensités

de l'électricité contraire en A et en B augmenteront aussi, mais par une succession de décompositions et de recompositions telles que nous venons de l'expliquer.

Concevons maintenant que l'on mette le corps conducteur A B en communication immédiate avec une source d'électricité C assez faible pour qu'il n'y ait pas d'étincelle sensible. Dans l'instant qui précède immédiatement le contact, il y a du fluide négatif accumulé en A et du fluide positif accumulé en B, et il y a équilibre entre toutes les forces électriques. A l'instant du contact, une partie du fluide négatif accumulé en A, fig. 4, se réunit avec une partie du fluide positif en C pour faire du fluide neutre. Les quantités de fluide en A et en C diminuent, et le fluide positif en B s'étend en partie vers A, parce que la répulsion du fluide qui est en C n'est plus suffisante pour le contenir; mais il est évident qu'il y a encore une série de décompositions et de recompositions de B vers A. Le fluide neutre intermédiaire est décomposé, les molécules négatives se réunissent avec une partie de P et les molécules positives restent en excès vers A. En sorte qu'à l'instant où tout le fluide négatif N de A se sera réuni avec une égale quantité de fluide positif de C, il y aura du fluide positif en excès dans toute l'étendue du corps conducteur A B et du conducteur C. D'ailleurs le fluide se distribuera à la surface suivant les lois ordinaires.

Ces raisonnements s'accordent très-bien avec un résultat d'expérience. C'est que les corps les plus conducteurs sont aussi ceux qui s'électrisent le mieux par influence, parce que dans l'un et dans l'autre cas il faut que la décomposition et la recomposition du fluide neutre puissent se faire avec une grande facilité. Nous regarderons donc dorénavant comme les meilleurs conducteurs les corps qui apportent le moins d'obstacles à la séparation et à la réunion des deux fluides dans leur intérieur.

Examinons maintenant comment l'étincelle électrique se produit lorsque le conducteur A B, fig. 5, et la source C d'électricité sont en présence. C'est la résistance de l'air qui empêche la réunion du fluide positif en C avec le fluide négatif en A. S'il y avait un vide entre A et C, comme le vide est bon conducteur, ces fluides se réuniraient ou plutôt il y aurait une série de décompositions et de recompositions dans lesquelles tout le fluide négatif de A se trouverait neutralisé, ainsi qu'une égale portion du fluide positif de C. La résistance de l'air s'oppose à cette neutralisation, parce que l'air est mauvais conducteur et

empêche les décompositions et recompositions qui tendent à avoir lieu entre A et C. Mais lorsque la tendance devient trop forte, elle surmonte la pression extérieure, elle écarte les molécules de l'air, comme le prouve l'expérience (1), et établit entre A et C comme un petit canal vide où les décompositions et les recompositions se font avec la plus grande facilité. C'est alors que l'étincelle a lieu, et la compression rapide de l'air qui en résulte élève la température, produit le bruit et probablement la lumière, comme dans le briquet de compression.

Jusqu'à présent nous avons fait abstraction de l'électricité inhérente aux molécules; mais cette électricité ne gêne en rien les explications précédentes. En effet, soit un corps conducteur A B, fig. 6, dont l'électricité inhérente soit positive, il y aura dans l'électricité intermoléculaire un excès de fluide négatif qui dissimulera l'électricité inhérente comme le représente la figure.

Il y a nécessairement équilibre entre toutes les actions électriques qui s'exercent dans l'intérieur des corps; sans cela il se ferait une nouvelle décomposition dans l'intérieur de ces corps. Si donc le corps est soumis à l'influence d'une source C, fig. 7, d'électricité positive, par exemple : au premier instant tout se passera comme si les forces électriques dues à l'électricité inhérente et à l'excès d'électricité intermoléculaire négative n'existaient pas. Une file de molécules neutres $m$, $m'$, $m''$..., M se décomposera donc comme dans le cas précédent sous l'influence électrique extérieure, et l'on aura la disposition déjà indiquée. Dans l'instant suivant, la molécule positive $p$ se réunira à la molécule négative $n'$ pour faire du fluide neutre, la molécule $p'$ à la molécule $n$, etc.; ou bien la molécule $p$ se réunira à la molécule négative $\gamma$ en excès dans l'électricité intermoléculaire. La molécule $p'$ pourra de même se réunir à la molécule $\gamma'$, etc. Mais alors les molécules négatives $n$, $n'$, $n''$ remplacent dans l'électricité intermoléculaire les molécules $\gamma$, $\gamma'$, $\gamma''$....., en sorte qu'il restera une molécule N négative vers l'extrémité A, et une molécule P positive vers l'extrémité B. Il est d'ailleurs évident qu'il en est de même pour d'autres files de molécules entre A et B.

(1) Cette expérience consiste à faire éclater l'étincelle dans un espace plein d'air qui contient de l'eau dans sa partie inférieure, et auquel est adapté un petit tube latéral dans lequel l'eau se tient de niveau; au moment de l'explosion l'eau monte dans ce tube latéral.

On doit admettre encore que dans le même temps l'électricité positive de C attire vers A l'excès d'électricité intermoléculaire négative, toujours par une suite de décompositions et de recompositions intermédiaires; mais alors l'électricité inhérente des molécules du corps, n'étant plus dissimulée au contact, décompose une nouvelle quantité de fluide neutre; le fluide négatif est employé à la dissimulation de l'électricité inhérente; le fluide positif, repoussé par cette électricité inhérente, obéit, en outre, à la répulsion de l'électricité positive de C et est chassé vers B, mais toujours par une suite de décompositions et de recompositions; en sorte qu'il se trouve une certaine quantité d'électricité négative à l'extrémité A et une certaine quantité d'électricité positive à l'extrémité B, conséquence entièrement conforme à l'expérience.

On voit par là que l'électricité inhérente et l'excès d'électricité intermoléculaire contraire ne s'opposent en rien aux décompositions et recompositions produites par les forces électriques. Des considérations semblables s'appliquent également dans le cas du contact où l'électricité de la source semble passer dans le corps conducteur.

Ainsi l'hypothèse de l'électricité inhérente aux molécules des corps n'a rien de contraire aux notions généralement admises. Voyons maintenant si les conséquences qu'on en peut tirer s'accordent avec l'expérience.

Dans la combinaison de deux particules, il peut arriver qu'elles soient dans des états électriques différents ou dans des états semblables.

Soit d'abord le premier cas, une seule molécule A, fig. 8, électro-négative, et une molécule B électro-positive : la molécule A aura une certaine quantité $-a$ d'électricité négative qui sera dissimulée par une égale quantité $+a$ d'électricité positive qui lui composera une petite atmosphère électro-positive; la molécule B renfermera une certaine quantité $+b$ d'électricité positive qui sera dissimulée par une atmosphère $-b$ négative. Tant que les molécules A et B seront à une distance suffisante l'une de l'autre, il ne se passera rien; c'est, en effet, ce que l'expérience confirme : l'hydrogène et l'oxygène, par exemple, peuvent rester en contact dans le même vase sans qu'il y ait combinaison.

Mais si, par un moyen quelconque, on force les molécules A et B à s'approcher davantage, alors une petite partie de l'atmosphère $+a$

de A se réunira avec une égale partie de l'atmosphère — $b$ de B pour faire du fluide neutre : les électricités propres — $a$ de A et + $b$ de B ne seront plus complétement dissimulées; elles agiront l'une sur l'autre et détermineront un plus grand rapprochement des molécules. Les atmosphères + $a$ et — $b$ se neutraliseront de plus en plus, et les particules A et B continueront de se rapprocher jusqu'à ce que la combinaison soit devenue aussi intime qu'elle peut l'être. Alors on aura une molécule composée que je représente par AB.

Si $a$ est plus grand que $b$, une partie de l'électricité — $a$ de A sera dissimulée par l'électricité + $b$ de B, fig. 9; mais la molécule composée se comportera comme une molécule électro-négative qui renfermerait une quantité d'électricité représentée par — $(a-b)$ ; il lui faudra donc une atmosphère électro-positive + $(a-b)$ qu'elle trouvera là tout naturellement. En effet, si le contact de A et B pouvait être aussi intime que le représente la figure, toute l'atmosphère — $b$ de B, attirée successivement par l'atmosphère + $a$ de A, aurait neutralisé une égale quantité de cette atmosphère : de telle sorte qu'il n'en resterait plus qu'une partie, justement ce qu'il faut pour dissimuler l'électricité négative — $(a-b)$, qui n'est pas encore dissimulée dans la molécule composée A B. Il est probable que, dans la réalité, le contact n'est pas aussi intime que nous l'avons supposé, et qu'alors l'électricité + $b$ de B ne dissimule pas une égale quantité de l'électricité — $a$ de A ; mais alors toute l'atmosphère de B ne sera pas neutralisée, et il restera toujours ce qu'il faut pour que les électricités propres de la molécule composée AB soient dissimulées à distance sensible.

Il est évident que la molécule AB pourrait être considérée comme dans un état neutre, si on avait $a=b$, et qu'elle serait, au contraire, électro-positive avec une atmosphère électro-négative si on avait $a$ plus petit que $b$.

On doit remarquer que, dans la combinaison de deux molécules de nature électrique contraire, il y a neutralisation plus ou moins complète des atmosphères, et dissimulation seulement des électricités propres.

Il se passera des choses analogues si l'on considère la combinaison d'un corps électro-négatif avec un corps électro-positif, parce que la combinaison ne se fait jamais qu'entre un petit nombre de molécules.

Par exemple, pour former de l'eau, chaque molécule d'oxygène se combine avec deux molécules d'hydrogène; et la particule composée est sensiblement dans un état neutre, en sorte qu'elle n'a pas besoin d'atmosphère : ce qui tient à ce que les électricités propres de deux molécules d'hydrogène peuvent dissimuler à peu près complétement l'électricité propre d'une molécule d'oxygène.

Ces principes peuvent servir à expliquer avec une grande facilité la décomposition des corps composés par l'action de la pile voltaïque.

Soit P, fig. 10, le pôle positif, et N le pôle négatif d'une pile, et supposons les deux points réunis par un liquide conducteur, par exemple, de l'eau acidulée ou salée. Il s'établira d'abord une série de décompositions et de recompositions comme nous venons de le dire; mais en même temps le liquide, n'étant pas conducteur parfait, opposera au mouvement des fluides une certaine résistance : alors le fluide positif du pôle P attirera l'oxygène *o* de la molécule *m* d'eau la plus voisine, parce que l'oxygène est par sa nature électro-négatif; l'hydrogène *h* électro-positif sera repoussé, et la molécule composée *m* prendra la disposition représentée dans la figure. L'hydrogène *h* de la molécule *m*, étant électro-positif, attirera l'oxygène $o'$ de la molécule $m'$ suivante, repoussera l'hydrogène $h'$ de cette molécule, et fera tourner la molécule $m'$ comme le représente la figure; et ainsi de proche en proche jusqu'au pôle N de la pile qui attire la molécule $h^v$ d'hydrogène d'une molécule $m^v$ d'eau, et repousse la molécule $o^v$ d'oxygène, de telle sorte que l'action de l'un des pôles s'accorde avec l'action de l'autre pour donner à une série de molécules réunies entre les deux pôles la disposition que nous supposons, et qui est favorisée encore d'ailleurs par les décompositions et recompositions qui se font toujours dans l'électricité intermoléculaire. Bientôt l'action de la pile et de l'électricité qui passe dans l'eau l'emporte sur l'affinité des molécules $m$ et $m^v$; l'oxygène *o* de *m* se sépare de l'hydrogène *h*, qui se réunit avec l'oxygène $o^1$ de $m'$ pendant que $h'$ se réunit avec $o^2$, $h^2$ avec $o^3$, etc., jusqu'à la molécule $m^v$, où *h*, attirée par le pôle N de la pile, se trouve mise en liberté. Il est important de remarquer que le pôle positif P de la pile, en attirant la molécule *o* électro-négative, lui fournit justement la quantité d'électricité positive nécessaire pour former son atmosphère, tandis que le pôle négatif N fournit une atmosphère électro-négative à la molécule $h^v$ d'hydrogène. Il suit de là que, si l'on recueille séparément l'oxygène et l'hydrogène, ils ne don-

neront aucun signe de leurs électricités propres (1). Mais il n'en serait pas toujours de même dans tout autre mode de décomposition, et alors chacun des corps pourrait donner des signes d'électricité : c'est justement ce qui a lieu dans les expériences de M. Pouillet.

Dans ses expériences, M. Pouillet défait les combinaisons par l'action de la chaleur.

Il met dans une capsule de platine, dont la température a été très-élevée, du phosphate d'ammoniaque, combinaison d'un acide, l'acide phosphatique, et d'un alcali, l'ammoniaque. Par l'action de la chaleur, la combinaison se défait, l'ammoniaque, qui est très-volatile, se dégage, et l'acide reste : si le creuset est disposé sur le plateau d'un électromètre condensateur, et si l'on reçoit l'ammoniaque dégagé sur le plateau d'un autre électromètre condensateur. Le premier indique que le creuset est dans un état négatif, le second indique que l'ammoniaque est dans un état positif.

En effet l'acide, électro-négatif de sa nature, ne recevant pas par le mode même de décomposition de quoi dissimuler son électricité propre, agit par influence sur le fluide naturel du creuset, s'empare d'une partie du fluide positif pour dissimuler son électricité propre, et repousse le fluide négatif correspondant, de sorte que le creuset est extérieurement dans un état négatif. De même l'ammoniaque, étant par sa nature dans un état électro-positif, se comporte par rapport au plateau comme un corps chargé d'électricité positive.

On a des effets analogues avec l'eau et un alcali, ou l'eau et un acide.

Soit d'abord une dissolution de baryte : si on la soumet à l'action de la chaleur, l'eau s'en va et la baryte reste. Avec des électromètres condensateurs convenablement disposés on trouve que l'eau donne des signes d'électricité négative et la baryte des signes d'électricité positive. Pour expliquer cette expérience, il faut se rappeler que la baryte est par sa nature, en qualité d'alcali, électro-positive ; ses particules ont donc des atmosphères électro-négatives, ces atmosphères s'étendent un peu dans l'eau, et c'est même là une des causes qui favorisent la dissolution. A l'instant où l'eau passe à l'état de

(1) On peut appliquer une explication de même genre à toutes les décompositions chimiques par l'action de la pile, et les corps séparés ne donneront jamais aucun signe de leur électricité propre.

vapeur, elle se sépare de la baryte, l'air s'interpose comme une lame isolante et empêche la baryte de reprendre toute son atmosphère qui reste en excès dans l'eau. La vapeur d'eau doit donc se trouver dans un état électro-négatif ; et la baryte, privée ainsi d'une partie de l'électricité intermoléculaire qui dissimulait son électricité propre, doit donner des signes de cette électricité propre qui est positive.

Si l'on soumet à l'action de la chaleur une dissolution d'ammoniaque, c'est l'ammoniaque qui s'en va et l'eau qui reste. Le condensateur en contact avec l'ammoniaque qui se dégage donne des signes d'électricité positive, l'autre donne des signes d'électricité négative, ce qui doit être. En effet, l'ammoniaque, en qualité d'alcali, est électro-positive, et les atmosphères électro-négatives de ses molécules s'étendent dans l'eau. A l'instant de la séparation, l'air s'interpose pour couper l'atmosphère en deux, de manière qu'une partie reste dans l'eau qui doit donner par conséquent des signes d'électricité négative, et l'électricité propre de l'ammoniaque, n'étant plus complétement dissimulée, doit se manifester à l'électromètre. Des raisonnements semblables s'appliquent très-bien lorsqu'on soumet à l'action de la chaleur une dissolution d'un acide : par exemple, une dissolution d'acide sulfurique, ou une dissolution d'acide sulfureux. Dans le premier cas, c'est l'eau qui s'en va, et l'acide reste : dans le deuxième cas, l'acide manifeste l'électricité négative, parce que son électricité propre n'est plus complétement dissimulée ; l'eau manifeste l'électricité positive, parce qu'elle a conservé une partie des atmosphères des particules d'acide.

Enfin les mêmes considérations peuvent s'appliquer à une dernière expérience assez curieuse et même plus sensible.

On dispose sur un électromètre condensateur un morceau de charbon ; on l'allume tantôt par sa partie supérieure, tantôt par sa partie inférieure, et l'on dispose un autre électromètre de manière que l'acide carbonique qui se forme vienne toucher le plateau collecteur. Si le charbon est allumé dans la partie supérieure, on reconnaît que l'acide carbonique est dans un état positif, tandis que le charbon est dans un état négatif. Si on l'allume dans la partie inférieure, on n'a aucun signe d'électricité.

L'acide carbonique est formé par la combinaison du charbon avec l'oxygène ; or, dans la combinaison de deux corps de nature électrique

contraire, en général, une partie des atmosphères des molécules se neutralise, et il reste justement ce qu'il faut pour dissimuler l'électricité propre de la molécule composée : mais cela suppose que les molécules se combinent dans un milieu conducteur, de manière que les parties postérieures des atmosphères puissent tourner, pour ainsi dire, autour des molécules pour aller se neutraliser plus ou moins entre elles.

Or, dans l'expérience précédente, la combinaison du charbon avec l'oxygène se fait dans l'air, qui est mauvais conducteur. Il en résulte que la partie postérieure de l'atmosphère de chaque molécule d'oxygène reste en excès dans l'acide carbonique, et alors il reste aussi sur le charbon la partie postérieure des atmosphères des molécules de charbon qui se sont combinées, de manière que la neutralisation des atmosphères n'a pas été telle qu'elle aurait dû être pour que la neutralisation des molécules fût complète ; l'acide carbonique doit donc donner des signes d'électricité positive à cause des portions des atmosphères d'oxygène qui auraient dû être neutralisées, et qui y sont restées : le charbon doit donner des signes d'électricité négative, parce qu'il a conservé une partie des atmosphères des molécules de charbon qui se sont combinées.

Mais si l'on détermine la combustion du charbon par en bas, le gaz acide carbonique à l'instant où il se forme se trouve bien dans un état positif, mais en montant il lâche pour ainsi dire le charbon qui est dans un état contraire, et, comme le gaz chaud peut devenir conducteur, la neutralisation se fait dans ce trajet de manière que tout signe d'électricité disparaît à peu près complétement.

Considérons présentement la combinaison de deux corps doués d'une même électricité propre.

Soit A une molécule du premier, B une molécule du deuxième, soit $+ a$ l'électricité propre du premier, $+ b$ celle du deuxième, leurs atmosphères seront $- a$, $- b$. Si la combinaison est déterminée par une cause quelconque, la molécule composée AB aura une électricité propre $+ (a + b)$, il lui faudra une atmosphère $- (a + b)$ : elle la trouvera dans la somme des atmosphères $- a$ et $- b$ des molécules composantes A et B. Mais l'atmosphère $a + b$ ne sera pas répartie également autour de la molécule composée AB à cause de la répulsion mutuelle des molécules du fluide qui la compose, elle se portera du côté de la molécule composante la moins

électrique, de manière qu'elle sera plus intense du côté de cette molécule que ne l'était l'atmosphère même de cette molécule avant la combinaison. C'est une raison pour que l'électricité tende à favoriser la combinaison des molécules douées de la même électricité, parce que la répulsion mutuelle des molécules de l'atmosphère la plus intense se trouve mieux satisfaite par l'extension de cette atmosphère.

Si l'une des molécules composantes est à l'état neutre, l'autre fournira ce qu'il faut pour l'atmosphère de la molécule composée; mais l'atmosphère s'étendra un peu autour de la molécule neutre, ce qui pourra favoriser la combinaison, comme dans le cas précédent.

Si dans l'un ou l'autre de ces deux cas on pouvait séparer tout à coup par une lame isolante les molécules composantes d'une molécule composée : dans le premier cas, celle qui a l'électricité la plus intense donnerait des signes de son électricité propre, parce qu'elle n'aurait pas eu le temps de reprendre toute son atmosphère, et l'autre manifesterait une électricité contraire due à un excès d'atmosphère; dans le deuxième, la molécule électrique manifesterait son électricité propre, parce qu'elle n'aurait pu reprendre toute son atmosphère; la molécule neutre donnerait des signes d'une électricité contraire, à cause de l'atmosphère étrangère qu'elle aurait conservée.

Ce qu'on ne peut qu'indiquer ici quand il s'agit de molécules, on peut le vérifier au contact des corps conducteurs en les isolant avec des manches de verre; à l'instant où on les sépare après les avoir mis en contact, l'air qui s'interpose fait l'office de lame isolante.

Soit mis en contact un disque de zinc et un disque de cuivre ainsi isolé : ils sont tous deux électro-positifs, mais le zinc plus que le cuivre. Comme les deux métaux sont conducteurs, les atmosphères des molécules du zinc voisines du contact pénétreront un peu dans le cuivre, à cause de la plus grande répulsion qu'elles éprouvent du côté du zinc, le cuivre deviendra donc un peu électro-négatif par l'excès d'atmosphère, le zinc un peu électro-positif par son électricité propre; et si on les sépare tout à coup, ils donneront des signes d'électricités contraires. On peut le reconnaître avec dix à douze contacts, en déchargeant successivement l'un des plateaux sur un électromètre condensateur, et l'autre sur un autre électromètre con-

densateur. Pour le zinc, il faut interposer une bande de papier mouillé entre le zinc et le plateau de cuivre du condensateur pour empêcher l'action mutuelle du cuivre et du zinc : cette précaution serait inutile si le plateau collecteur était en zinc.

L'exemple de l'autre cas s'est déjà présenté dans l'évaporation d'une dissolution acide ou alcaline.

Ces raisonnements rendent aussi compte, comme on le voit, de la force électro-motrice qui agit dans un couple de la pile voltaïque.

Les mêmes considérations peuvent aussi servir à expliquer quelques expériences curieuses de M. Becquerel, sur le sens des courants qui s'établissent dans le cas de la combinaison ou du simple contact de deux substances.

Lorsque l'on fait combiner un corps électro-négatif avec un corps électro-positif, par exemple un acide avec un alcali, et que d'ailleurs on les réunit par un fil métallique conducteur, on reconnaît par le galvanomètre qu'il s'établit un courant qui va de l'acide à l'alcali. S'il y a seulement contact, sans combinaison, entre un corps électro-négatif et un corps électro-positif, le courant va du corps électro-positif au corps électro-négatif.

Soit $n$, fig. 11, une molécule d'un corps électro-négatif, et $p$ une molécule d'un corps électro-positif : la molécule $n$ aura une atmosphère positive + P, et la molécule $p$ une atmosphère négative — N. A l'instant des combinaisons les parties des atmosphères les plus voisines du contact formeront du fluide neutre par leur combinaison, les fluides propres des molécules se dissimuleront mutuellement, au moins en partie, et n'exerceront plus d'action, ou presque plus d'action sur les atmosphères; ces dernières, à l'exception des parties antérieures qui se sont combinées, reflueront pour ainsi dire dans le conducteur métallique; et par voie de décomposition et de recomposition elles produiront un courant positif du corps électro-négatif au corps électro-positif, parce que le métal est bien meilleur conducteur que le milieu dans lequel se fait la combinaison.

Supposons maintenant qu'il y ait simplement contact sans combinaison. Les fluides propres se dissimuleront en partie près du contact, les atmosphères formées d'électricités contraires pourront donc se combiner près du contact; mais à chaque instant les molécules, par leurs électricités propres, attireront les fluides contraires du conducteur interposé pour se former de nouvelles atmosphères et rétablir l'équi-

libre ; il s'établira donc dans le conducteur un courant positif du corps électro-positif au corps électro négatif, c'est-à-dire le contraire de ce qui a lieu lors de la combinaison.

La considération des forces électriques peut aussi servir à expliquer jusqu'à un certain point la propagation de la lumière. En effet, concevons que deux molécules, l'une P de fluide positif, fig. 12, l'autre N de fluide négatif, se trouvent séparées par une cause quelconque : pendant qu'elles seront dans un état de séparation elles agiront sur une molécule neutre *m* composée d'une molécule positive *p* et d'une molécule négative *n ;* la molécule P exercera sur la molécule *p* de *m* une répulsion que je représenterai par *ma*, et sur la molécule *n* une attraction que je représenterai par *mc :* de même la molécule N exercera sur *p* une attraction *mb* et sur *n* une répulsion *md*. Si on fait la composition des forces, on trouvera que la molécule *p* sera sollicitée par une force *me* égale à la diagonale du losange *bmae* construit sur les forces *mb*, *ma :* de même la molécule *n* sera sollicitée par une force *mf* égale et opposée à la première : ainsi les molécules *p* et *n* se sépareront ; elles reviendront ensuite l'une vers l'autre dès que l'action des molécules N et P aura cessé ; et en général elles dépasseront leurs positions d'équilibre et exécuteront une suite d'oscillations. Pendant ces oscillations elles agiront à leur tour sur une molécule neutre *m'*, et ainsi de suite, en sorte qu'il s'établira une série de vibrations transversales qui se propageront dans la direction M, *m*, *m'* perpendiculaires au sens des vibrations. Ce mode de vibrations est conforme à celui qui, suivant la théorie de Fresnel, produit la lumière. Si donc on admet que le fluide qui transmet la lumière soit justement le fluide électrique neutre, on pourrait rendre compte des vibrations de ce fluide par des décompositions et des recompositions électriques, qui en effet seraient transversales par rapport à la direction de la propagation.

On sera confirmé dans cette idée, si l'on observe que les conducteurs voltaïques s'échauffent et rougissent par le conflit électrique, résultat dont on rendrait alors raison en supposant que les décompositions et recompositions qui ont lieu dans ces fils déterminent des décompositions et recompositions analogues dans le fluide neutre environnant.

On pourrait aussi concevoir le développement de la lumière dans les combinaisons chimiques énergiques.

Soit pour exemple la combustion de l'hydrogène. D'après ce que nous avons dit plus haut, pendant que l'hydrogène s'unit à l'oxygène pour faire de l'eau, il faut concevoir que les atmosphères des molécules d'hydrogène et d'oxygène se réunissent pour faire du fluide neutre; mais pendant l'instant où elles sont libres, elles agissent sur le fluide neutre environnant, pour y déterminer des décompositions et des recompositions telles que nous venons de le dire, et auxquelles on peut attribuer la lumière que produit la combinaison.

Si l'on admet qu'il faille un certain degré d'intensité dans les décompositions et les recompositions des fluides électriques pour produire la sensation de la lumière, tant que la combinaison ne serait pas assez intense, il n'y aurait que de la chaleur, ce qui s'accorde très-bien avec les idées actuelles sur l'identité du principe de la chaleur et de la lumière. »

## THÉORIE DE LA PILE.

Il y aurait dans cet ouvrage une lacune regrettable, si je n'ajoutais pas quelques mots sur la théorie de la pile. Cette théorie a été, dans ces derniers temps, l'objet de tant de controverses, de tant d'expériences, de tant de dissertations à perte de vue, qu'on aurait dû, ce semble, l'éclairer de quelque jour; mais les expériences se contredisent, les dissertations se combattent; et la lumière ne s'est pas faite.

Je vais poser nettement le problème et indiquer la solution qui est pour moi l'expression de la vérité et des faits. Dans la pile il y a et une action chimique, et de l'électricité produite, et un courant établi. D'où naît cette électricité, et comment s'établit le courant? L'électricité est-elle le produit de l'action chimique, ou l'action chimique est-elle le produit de l'électricité? Partisan convaincu de la théorie électro-chimique et ne concevant les combinaisons et décompositions que sous l'intervention des électricités propres ou accidentelles des molécules, nous ne balancerons pas un instant, et nous admettrons comme fait théorique et pratique à la fois : 1° que l'électricité de la pile est antérieure à l'action chimique, ou que l'électricité de la pile est la cause, et l'action chimique, l'effet; 2° que l'électricité de la pile naît au contact des deux éléments positif et négatif du zinc et du cuivre, du cuivre et de l'amalgame du zinc, du zinc et du platine, du zinc et du charbon, etc., de l'hydrogène et de l'oxygène dans la pile à gaz de M. Grove.

La théorie du contact est donc celle que nous adoptons. Les expériences que je vais décrire ne laissent dans mon esprit place à aucun doute ; en les rappelant, j'aurai l'occasion de faire revivre un excellent appareil, le duplicateur de l'électricité, décrit il y a bien longtemps dans les tableaux de physique de Barruel : on ne l'a pas seulement oublié, on a osé lui substituer des instruments beaucoup plus imparfaits, par exemple, l'électromètre condensateur à trois plateaux. Le duplicateur de l'électricité, fig. 12, se compose d'un condensateur et demi. E est un électrope condensateur à feuilles d'or, D est un demi-condensateur, simplement formé d'un disque de cuivre semblable au plateau supérieur du premier condensateur, et porté sur une tige isolante de verre. Voici par quelle manipulation on transforme cet ensemble en duplicateur de l'électricité : On touche le bouton B du condensateur avec le corps dont on veut éprouver l'électricité, en même temps que l'on fait communiquer le plateau supérieur S avec le sol ; on a de cette manière, en admettant que le corps fût électrisé positivement, + 1 sur le plateau inférieur I ou collecteur, et — 1 sur le plateau supérieur S ; on porte alors ce plateau supérieur sur le demi-condensateur I′, en même temps que par-dessous on fait communiquer I′ avec le sol ; on a par là même + 1 sur le plateau inférieur I′, — 1 sur le plateau supérieur S. Si maintenant, par un fil conducteur isolé, on met le collecteur I du condensateur E en communication avec le plateau inférieur I′, en même temps que le plateau supérieur S communique avec le sol ; on aura sur I′ + 2 d'électricité positive, — 2 sur le plateau supérieur S, et 0 sur le plateau I. On porte de nouveau le plateau S sur le collecteur I, en même temps que ce collecteur communique avec le sol ; on a + 2 sur I, — 2 sur S, et en faisant communiquer I′ avec I par un arc conducteur isolé, pendant que S communiquera avec le sol, on aura + 4 sur I, — 4 sur S, la quantité primitive d'électricité, doublée dans un premier transport, est quadruplée par un second, deviendra 8 par un troisième, 16 par un quatrième, etc. ; elle croîtra donc dans une proportion énorme. Ce n'est pas une progression arithmétique, où l'unité ajoute à l'unité, comme dans le condensateur à trois plateaux, mais une progression géométrique dont la raison est 2. Cela posé, en opérant avec un instrument semblable dont les plateaux étaient dorés, et en ayant soin de ne les toucher qu'avec des fils d'or pour les faire communiquer soit entre eux, soit avec le sol, de manière à exclure toute action chi-

mique, nous avons mis en évidence l'électricité née au simple contact des métaux. Quand nous avons touché le bouton B avec un fil de platine électro-négatif par rapport à l'or, l'électroscope, après trois ou quatre transports, manifestait une quantité considérable d'électricité positive. Les deux feuilles d'or ou les deux pailles s'écartaient violemment, et l'on constatait, à l'aide d'un bâton de résine, qu'elles étaient électrisées positivement. Quand, au contraire, j'avais touché avec du cuivre, l'électroscope montrait de l'électricité négative, etc. Dans ces expériences souvent multipliées, les phénomènes s'accordaient parfaitement avec la théorie électro-chimique, l'ordre établi par Ampère entre les métaux était toujours conservé ; l'électricité recueillie, sans cesse doublée, était toujours ce qu'elle devait être. Il faudrait avoir l'esprit par trop prévenu, ou cesser d'être de bonne foi, pour hésiter encore quand on a répété ces expériences, et ne pas admettre le principe fondamental énoncé par Volta, que le contact des corps fait naître une rupture d'équilibre électrique et dégage de l'électricité. Du reste, quoi de plus naturel que ce principe ; il est si simple en lui-même, si évident *à priori*, qu'il a à peine besoin de démonstration.

L'électricité naît donc au contact des métaux ; et en elle réside la source de l'action chimique qui naît plus tard. Cette action chimique, quel rôle joue-t-elle à son tour dans la pile? Pour le mieux expliquer, concevons que les deux pôles de la pile sont en contact avec deux électrodes en platine plongeant dans le vase du voltamètre ou appareil pour la décomposition de l'eau. L'électricité née au contact des métaux arrive au sommet des électrodes, la molécule positive d'un côté, la molécule négative de l'autre ; si ces deux électricités n'avaient pas de débouché, l'action électro-motrice cesserait ; mais ces deux électricités, en agissant sur les molécules d'eau qui les séparent, attirent l'une l'oxygène, l'autre l'hydrogène : la décomposition est effectuée ; les deux molécules gazeuses sont à l'état naissant, elles ont besoin de se former une atmosphère. La molécule d'oxygène, attirée par le pôle positif, décharge donc l'électrode positif pour constituer son atmosphère électro-positive, la molécule d'hydrogène qui va au pôle négatif décharge l'électrode négatif pour constituer son atmosphère électro-négative, et par là même il y a place à une nouvelle arrivée d'électricité positive et négative : la force électro-motrice née au contact des métaux fonctionne de nouveau, et il se dégage une nouvelle quantité d'électricité qui se rend aux électrodes et est de nouveau en-

levée par de nouvelles molécules d'oxygène et d'hydrogène, etc., etc. Voilà le véritable rôle de l'action chimique née de l'électricité produite au contact, elle donne une issue à cette électricité, et permet au dégagement de se continuer, au courant de s'établir. La source d'électricité au contact est indéfinie, mais le dégagement ou l'intensité du courant seront proportionnels à l'écoulement, à l'issue ouverte, à l'action chimique en un mot. Nous ne comprenons pas et nous ne concevons pas qu'on puisse comprendre autrement la théorie de la pile. L'action chimique fait dans ce cas ce que fait la terre dans les circuits télégraphiques, elle dissimule les électricités condensées aux pôles, et rend possible un dégagement subséquent.

Encore une application des doctrines si fécondes d'Ampère. L'électricité atmosphérique, pendant le jour, est ordinairement de l'électricité positive, née probablement des frottements des molécules d'air agitées par le vent ou par les dilatations et condensations produites par la chaleur. Le matin l'électricité atmosphérique est très-souvent négative et ce fait est assez difficile à interpréter. Ne pourrait-on pas dire que l'oxygène émis par les plantes, à l'état naissant, s'empare d'une certaine quantité d'électricité positive empruntée au fluide neutre de l'air pour constituer son atmosphère électro-négative? L'air, par là même, aurait un excès d'électricité négative, et tout serait expliqué. Nous avons vu que les fils des télégraphes électriques mettaient eux-mêmes en évidence ces alternatives d'électricités contraires au sein de l'atmosphère.

Nous n'entrerons pas dans plus de détails, nous avons voulu seulement donner un corps à des idées que nous croyons vraies et riches d'avenir.

# TROISIÈME SECTION.

## APPAREILS DE LA TÉLÉGRAPHIE.

---

Cette section, la plus importante de toutes, est en même temps la plus aride et la plus ingrate; il ne s'agit de rien moins que de décrire tous les instruments et appareils de télégraphie conçus et exécutés en Angleterre, en Amérique, en France, en Allemagne et ailleurs. J'essaierai d'être complet, et je le serai autant du moins qu'on peut l'être après les plus actives recherches. Comme mon but, à moi, homme plus de théorie que de pratique, est principalement de faire connaître et d'inspirer les idées grandes, fécondes et utiles, je m'attacherai particulièrement aux conceptions originales, neuves et progressives, et je les reproduirai alors même qu'elles seraient restées à l'état d'ébauche ou qu'elles auraient été dépassées par des inventions plus récentes.

---

## CHAPITRE PREMIER.

### Appareils préliminaires ou accessoires.

Voulant que ce volume soit une véritable encyclopédie de la télégraphie, qui comprenne tout ce qui, de près ou de loin, intéresse cet art merveilleux et se suffise pleinement à lui-même, je ne me bornerai pas cette fois à la description des appareils de télégraphie électrique proprement dits; je donnerai la figure et la légende de tous les instruments dont le nom est apparu dans les chapitres qui précèdent, en les classant dans l'ordre de leur dépendance mutuelle.

### APPAREILS GÉNÉRATEURS DU COURANT.

#### *De la pile et de ses différentes formes.*

On désigne généralement sous le nom de pile tous les appareils qui ont pour objet de dégager l'électricité directement et sans l'intervention des aimants. Mais les seules piles qui nous intéressent, au point

de vue de la télégraphie, sont les piles constantes, celles dont l'action reste sensiblement la même pendant un temps assez long. Une pile, en général, se compose de deux élements solides, l'un électro-positif, l'autre électro-négatif, amenés au contact et dont les surfaces plongent dans un ou deux liquides.

*Pile à sable.* — La plus simple de toutes les piles, la plus employée en Angleterre sur les lignes télégraphiques, est celle de M. Cooke, construite dans le système de la pile de Bagration. Elle est représentée planche III, fig. 12. Elle consiste en une auge A en bois dur, en chêne, par exemple, longue de 75 centimètres, large de 14 centimètres, et divisée par des cloisons d'ardoise en vingt-quatre cellules, ce qui donne à chaque cellule une largeur d'environ 3 centimètres. L'intérieur de l'auge est rendu parfaitement étanche par une ou plusieurs couches de ciment ou de glu marine. Les éléments électro-négatifs sont des plaques C de cuivre; les éléments électro-positifs, des plaques Z de zinc; ces plaques ont 112 millimètres de hauteur sur 87 millimètres de largeur, l'épaisseur du zinc est de 5 millimètres et demi. Les plaques sont assemblées en couple cuivre et zinc par des bandes de cuivre de 25 millimètres de largeur, soudées ou mieux rivées; un simple zinc commence la série et forme le pôle négatif par le fil de cuivre qui s'y rattache; un simple cuivre la termine et forme le pôle positif. Chaque couple intermédiaire est placé à califourchon sur les cloisons d'ardoise, et les deux plaques dont il se compose entrent dans les deux cellules contiguës. Les extrémités supérieures des couples sont vernies pour qu'elles se maintiennent propres et qu'elles échappent à la corrosion. Les cellules sont remplies, jusqu'à 25 millimètres du bord supérieur, avec du sable que l'on imbibe d'une petite quantité d'eau acidulée par une partie d'acide sulfurique concentré sur quinze parties d'eau; il suffit que le sable soit rendu humide. Dans cet état la pile peut facilement être transportée d'un lieu dans un autre, ce qui serait difficile si on remplissait les cellules d'eau acidulée. Il vaut beaucoup mieux augmenter le nombre des couples en se servant d'une solution plus faible que de recourir à un liquide plus acidulé. Le nombre des couples doit d'ailleurs être proportionné à la distance entre les stations; il est en général de 24 pour une distance de dix à quinze milles anglais, de 48 pour une distance de quarante à soixante milles, etc. Une pile neuve montée avec soin peut fonctionner pendant six ou huit mois, si les dépêches ne

sont pas trop multipliées; il en est qui ont fait un excellent service pendant plus d'une année; la seule opération qu'on ait eu à leur faire subir a consisté dans l'addition d'un peu d'eau acidulée : on renouvelait aussi le sable quand il était trop sali, après l'avoir expulsé par un fort jet d'eau.

Dans cette pile comme dans toutes celles où l'on emploie du zinc, ce métal est amalgamé ou recouvert de mercure à sa surface : voici quel est l'effet de cette préparation. Lorsque le zinc n'est pas amalgamé, il est attaqué directement et incessamment par l'acide, même étendu d'eau, dans lequel il plonge; de sorte que sa surface est constamment recouverte de bulles d'hydrogène. Au contraire, quand le zinc est amalgamé, il devient négatif par rapport au mercure, et l'acide électro-positif ne peut plus l'attaquer directement; il ne redevient attaquable que lorsque le courant en circulant lui donne un excès d'électricité positive, et alors, chose remarquable, il est plus oxydable, plus transformable en sulfate que s'il n'était pas amalgamé; l'action chimique est beaucoup plus rapide, et le courant par là même plus intense.

Pour amalgamer le zinc on trempe d'abord la surface des plaques dans de l'eau acidulée, et on les plonge dans un bain de mercure pendant environ une minute : on les retire alors et on les dresse sur un des angles pour laisser égoutter le mercure en excès. On les rendra plus excellentes en les trempant une seconde fois, d'abord dans l'eau acidulée, puis dans le bain de mercure; l'amalgamation alors dure autant que la plaque. M. Walker affirme que la dépense d'acide sulfurique pour le service de toutes les lignes télégraphiques d'Angleterre s'élève à peine à quelques livres sterling.

*Pile de M. Wheatstone.* — Nous l'avons déjà décrite page 74; elle est représentée fig. 13. L'élément positif est un amalgame pâteux de zinc, l'élément négatif un fil de cuivre. Chaque couple se compose : 1° d'un vase poreux V rempli de l'amalgame de zinc, et placé au centre d'un vase V′ de verre ou de porcelaine que l'on remplit de sulfate de cuivre entourant le vase poreux; 2° d'une lame de cuivre plongeant dans l'amalgame et qui forme le pôle négatif de la pile; 3° d'une lame de cuivre plongeant dans le bain de sulfate de cuivre, communiquant à un fil du même métal qui forme le pôle positif. Le courant reste constant si la dissolution de sulfate de cuivre est maintenue à un degré convenable de saturation, et si le vase poreux reste

perméable. Les deux piles que nous venons de décrire n'emploient qu'un seul liquide ; les suivantes en exigent deux.

*Pile de Daniel.* — C'est la première en date de toutes les piles à effet constant ; sa découverte et sa théorie appartiennent incontestablement au célèbre chimiste dont elle porte le nom : elle est représentée fig. 14 et 15. L'élément positif est un cylindre de zinc amalgamé, l'élément négatif un cylindre de cuivre. Chaque couple se compose : 1° d'un vase poreux de porcelaine dégourdie ou de terre poreuse VV, rempli d'eau acidulée par l'acide sulfurique, et placée au centre d'un vase V′V′ plus grand, en verre ou en fayence, rempli d'une solution saturée de sulfate de cuivre ; 2° d'un cylindre massif de zinc amalgamé Z plongeant dans l'eau acidulée du vase poreux et auquel se rattache un fil de cuivre, pôle négatif de la pile ; 3° d'un cylindre de cuivre CC entourant le vase poreux, plein de sulfate de cuivre et se rattachant à un fil de même métal formant le pôle positif. Dans l'assemblage formant pile, fig. 4, chaque cylindre de zinc communique par son fil de cuivre rivé ou soudé avec le cylindre de cuivre du couple suivant ; P et N sont les deux pôles de la pile. Quand le circuit n'est pas fermé, il n'y a aucune action chimique, mais l'action commence dès que le circuit est constitué : le sulfate de cuivre est décomposé, le cuivre se dépose à l'état métallique, l'acide se porte sur le zinc et donne naissance à du sulfate insoluble qui ralentit quelque peu l'action chimique : mais si l'on a soin de maintenir au même état de saturation la dissolution de sulfate de cuivre, en y jetant de temps en temps des cristaux de ce sel, ou mieux en remplissant de cristaux, comme la figure le représente, un vase intérieur percé de trous, le courant conserve une intensité constante pendant des heures, des journées ou même des semaines entières. Cette pile a l'immense avantage de ne donner aucune émanation acide ou nauséabonde.

*Pile de Grove.* — Sous un petit volume cette pile produit des effets très-énergiques. L'élément positif est un cylindre de zinc, l'élément négatif une feuille de platine ; elle est représentée fig. 16 et 17. Chaque couple se compose : 1° d'un vase poreux V rempli d'acide nitrique ordinaire ou mieux concentré, et placé au centre d'un vase plus grand de verre ou de fayence V′ rempli d'eau acidulée par l'acide sulfurique ; 2° d'une lame cylindrique mince de platine P courbée en S renversé, et fixée à un couvercle rond, en porcelaine : le couvercle est traversé par un fil de cuivre ou de platine soudé à la lame, qui

forme le pôle positif, et qui se termine en patte quand le couple doit faire partie d'une pile ; 3° d'un cylindre de zinc amalgamé Z plongeant dans l'acide sulfurique, et auquel se soude ou se rive un fil ou une patte de cuivre formant le pôle négatif. L'élément platine d'un couple s'unit par des fils ou des lames de cuivre passant dans les trous des pattes ou pressés contre elles par des vis de pression, avec le cylindre de zinc du couple suivant. On peut substituer à l'acide sulfurique l'acide chlorhydrique étendu de deux volumes d'eau ; alors au lieu de sulfate il se forme du chlorhydrate de zinc : dans les deux cas, l'acide azotique perd peu à peu de sa force, l'hydrogène se dégage sur le platine, et le courant diminue d'intensité. L'action de cette pile cependant est assez constante, régulière et énergique ; mais le platine est cher, et après quelques semaines de service la lame mince de ce métal devient cassante et se brise par le plus petit effort ; cette pile enfin dégage beaucoup d'émanations d'acide nitreux ; cet inconvénient, ajouté à son prix, empêche qu'elle ne soit plus souvent utilisée.

Il y a quelque avantage à faire subir aux lames de platine de la pile de Grove une préparation particulière qui consiste à les recouvrir d'un dépôt de platine noir, en les plongeant bien décapées dans une solution de chlorure de potassium et de platine, et en les mettant en communication avec le pôle négatif d'une pile faible dont le pôle positif plonge dans la dissolution par une lame aussi de platine, qui attaquée par le chlore conserve à la solution un degré constant de saturation. Le platine ainsi préparé s'appelle *platine platiné ;* sa surface alors donne moins de prise aux bulles de gaz, dont l'électricité neutraliserait en partie celle du platine, et le courant augmente d'intensité.

*Pile de Bunsen.* — C'est sans contredit la plus énergique de toutes les piles à effet constant et la plus répandue actuellement. L'élément positif est le zinc amalgamé, l'élément négatif le charbon substitué à la lame de platine de la pile de Grove. Chaque couple se composait primitivement, fig. 18 : 1° d'un vase poreux VV rempli d'acide sulfurique étendu et placé au centre d'un vase plus grand V′ V′ en fayence ou en verre rempli d'acide nitrique du commerce, ou mieux d'acide nitrique concentré ; 2° d'un cylindre de zinc Z terminé par un fil de cuivre rivé ou soudé formant le pôle négatif ; 3° d'un cylindre de charbon C, épais, résistant, fendu longitudinalement ou

percé de trous pour la libre circulation de l'acide nitrique dans lequel il plonge : un anneau de cuivre serré contre la paroi supérieure du charbon forme avec un fil soudé le pôle positif.

MM. Lemolt et Archereau ont eu l'heureuse idée de renverser cette disposition mal raisonnée ; et dans leur nouvelle pile de Bunsen, fig. 19, ils ont placé l'acide nitrique dans le vase poreux où plonge non plus un cylindre, mais un prisme C quadrangulaire de charbon ; le vase extérieur contient l'acide sulfurique avec le cylindre de zinc Z fendu longitudinalement : une lame de cuivre soudée au cylindre de zinc se recourbe à angle droit pour venir s'appuyer contre le prisme de charbon du couple suivant, sous l'effort d'une vis de pression P. La nouvelle pile donne un courant d'intensité presque double ; elle est plus constante parce que le vase où se dépose le sulfate insoluble de zinc est plus grand ; et plus économique parce que le vase où l'on verse l'acide le plus cher, l'acide nitrique, est plus petit ; elle n'a qu'un inconvénient : elle dégage et répand dans l'air une assez grande quantité d'acide nitreux. M. Archereau affirme que ces émanations sont en partie conjurées quand on se sert de vases poreux très-profonds et remplis seulement jusqu'aux deux tiers de leur hauteur.

Nous avons dit dans la première partie de cet ouvrage qu'on arrivera peut-être un jour à éclairer les télégraphes avec la lumière électrique. La pile de Bunsen a rendu ce problème beaucoup plus abordable, en ce sens que quarante ou cinquante éléments de cette pile suffisent à produire une lumière d'un très-grand éclat et d'une très-grande portée. Il ne restait plus qu'une difficulté à vaincre et elle a été vaincue à son tour, c'était de fixer cette lumière autrefois si inconstante et de si courte durée. Je crois dans une pensée d'avenir devoir donner ici la description de l'appareil fixateur de la lumière électrique de M. Jules Duboscq, le plus parfait de tous, et auquel j'ai déjà fait allusion. Exposons d'abord les principes sur lesquels repose la construction de cet appareil représenté fig. 20. La lumière électrique résulte du passage du courant entre les deux pointes des charbons placés aux deux pôles de la pile : ces deux charbons brûlant au contact de l'air se raccourcissent à chaque instant, et leur distance devenant de plus en plus grande formerait obstacle au passage du courant, ce qui amènerait une diminution considérable de lumière et de chaleur. Il faut donc un mécanisme qui rapproche les charbons l'un de l'autre incessamment et d'une quantité proportionnelle aux

progrès de la combustion; plus, si elle est active, moins, si elle est lente. Le charbon positif se consume beaucoup plus rapidement que le charbon négatif, d'abord parce que la chaleur est plus intense au pôle positif, et surtout parce que le courant qui va du pôle positif au pôle négatif emporte avec lui des particules de charbon arrachées au charbon positif, et qui vont s'agglomérer sur le charbon négatif : ce second charbon s'accroît donc aux dépens du premier, et pour que la distance des deux charbons reste constamment la même il faut que le charbon positif soit rapproché par un mouvement plus rapide, dans une proportion qui varie avec la grosseur et la nature des charbons : c'est une nouvelle condition que le mécanisme en question doit remplir.

Dans l'appareil de M. Duboscq, fig. 20, le charbon inférieur I est pressé par un ressort en hélice R qui le fait monter, le charbon supérieur S est sollicité à descendre par son propre poids. Le courant n'arrive aux deux charbons qu'après avoir traversé un électro-aimant creux E caché dans la colonne de l'instrument. Quand les deux charbons sont en contact, le courant est fermé, l'électro-aimant est actif et attire un morceau de fer doux F placé à l'extrémité du levier L qui enraye une vis sans fin V : un ressort antagoniste R′ tend toujours à faire dérayer la vis aussitôt que les charbons s'éloignent. Dès que leur distance est un peu considérable, le courant ne passe plus, l'action du ressort R′ devient prépondérante, la vis est dérayée, elle fonctionne, et les charbons portés sur un même axe partagé en deux moitiés mobiles sur lesquelles agit la vis sans fin se rapprochent, jusqu'à ce que le courant recommençant à passer la vis soit enrayée de nouveau, par la prépondérance de l'attraction magnétique sur le ressort. La combustion a repris son activité, les charbons s'éloignent, le courant diminue, le ressort l'emporte une seconde fois, la vis rapproche de nouveau les charbons, et ainsi de suite indéfiniment. Ces alternatives d'action et de réaction, de diminution et d'augmentation d'éclat très-lentes dans une description, sont très-rapides en réalité, et la lumière a toute la constance désirable. Nous n'avons pas dit encore comment le charbon positif était animé d'un mouvement plus rapide que le charbon négatif. L'axe commun aux deux charbons porte deux poulies : l'une à diamètre variable P communique par un cordon avec la tige qui porte le charbon inférieur ou positif; la seconde P′ à diamètre invariable communique avec le charbon supé-

rieur ou négatif. Le diamètre de la poulie variable peut croître dans le rapport de 3 à 5; voici comment cette augmentation se produit. Six bras de leviers horizontaux et articulés $\ell$, fig. 21, sont liés à un centre commun par leur extrémité fixe; leurs extrémités mobiles portent de petites goupilles $g$ qui glissent dans des fentes cylindriques obliques ou contournées $f$, faisant fonction de plans inclinés curvilignes : un ressort en spirale appuie constamment et à la fois sur les extrémités mobiles des leviers, de sorte que si l'on fait tourner les plans inclinés vers la droite les six leviers se replient vers le centre, et le diamètre de la poulie mobile est diminué : si au contraire on faisait tourner le tambour vers la gauche, le diamètre de la poulie augmenterait. Dans chaque expérience, il faut régler l'appareil, c'est-à-dire donner aux deux ressorts R et R′ le degré de tension convenable, et au diamètre de la poulie le diamètre voulu pour que le rapprochement des charbons soit le plus régulier possible; cette tension et ce diamètre sont nécessairement en rapport avec la nature du charbon, sa combustion plus ou moins facile, son volume plus ou moins gros, etc., etc. L'appareil de M. Jules Duboscq est, comme on le voit, assez simple et très-facile à transporter.

Les charbons de la pile de Bunsen se fabriquent de la manière suivante : on presse dans un moule de fer du coke et de la houille grasse en proportion convenable, et l'on fait cuire le mélange dans le moule. Il paraît qu'après cette première cuisson on plonge le cylindre ou prisme sorti du moule dans du sirop de sucre pour le faire recuire encore sous l'action d'un feu assez vif. Les cylindres préparés avec du charbon de sucre brûlé, sont les plus excellents de tous pour servir à la production de la lumière électrique.

## APPAREILS MAGNÉTO-ÉLECTRIQUES ET LEURS DIFFÉRENTES FORMES.

Nous avons dit que le courant électrique en circulant autour d'un morceau d'acier ou de fer doux, l'aimantait d'une manière permanente dans le premier cas, d'une manière passagère dans le second; et que le sens de l'aimantation dépendait du sens du courant. Pour aimanter un barreau ou cylindre d'acier ou de fer, on le place dans un tube de verre autour duquel s'enroule en hélice le fil conducteur du courant voltaïque. L'hélice décrite par le fil peut être ou une hélice *dextrorsum*, ou une hélice *sinistrorsum*. Elle est *dextrorsum*

quand le fil va de gauche à droite; *sinistrorsum* quand le fil va de droite à gauche. Dans l'hélice *dextrorsum* l'extrémité du barreau ou cylindre la plus voisine du point de l'hélice par laquelle entre l'électricité positive est toujours un pôle sud, c'est le contraire dans l'hélice *sinistrorsum*.

*Électro-aimant.* — Le plus simple des électro-aimants est représenté fig. 22. Il se compose : 1° d'un cylindre de fer doux, parfaitement recuit et courbé en fer à cheval; 2° d'un fil de cuivre recouvert de soie ou de coton que l'on enroule d'abord sur une des branches et ensuite sur l'autre, avec l'attention de le faire tourner dans le même sens sur les deux branches, afin que les deux extrémités du fer à cheval soient des pôles de noms contraires; 3° d'une pièce de contact ou armature aussi en fer doux. A l'instant où le courant passe, le fer à cheval est aimanté, et l'armature est attirée; l'aimantation cesse dès que le courant est interrompu, et l'armature se détache d'elle-même. Si le courant passait subitement en sens contraire, le sens de l'aimantation serait subitement changé; ces alternatives d'aimantation, de désaimantation, et d'aimantation en sens contraire, exigent un certain temps, mais un temps infiniment court, d'autant plus court que le fer doux est mieux recuit. L'énergie de l'électro-aimant dépend des dimensions du cylindre de fer, de l'intensité du courant, du nombre de tours que fait le fil sur chaque branche, et du rapport de ce nombre de tours, et du diamètre du fil avec la force électro-motrice de la pile. Au lieu de barres ou cylindres courbés en fer à cheval, il est plus commode d'employer des cylindres parallèles de fer doux, réunis par une traverse droite aussi de fer doux qui s'adapte à vis ou se rive sur les deux cylindres, et remplace le coude du fer à cheval. Cette disposition, représentée fig. 23, est généralement adoptée dans la télégraphie électrique.

La construction des machines magnéto-électriques repose sur les propriétés du courant d'induction dont il faut avant tout donner une idée. On prend deux fils de cuivre bien isolés ou bien recouverts de soie, et on les enroule ensemble sur un cylindre ou bobine de bois B, fig. 24; E et $E_1$ sont les extrémités du premier fil, on les fait communiquer aux deux pôles de la pile; $E'$ et $E'_1$ sont les deux extrémités du second fil, on les unit aux deux extrémités du fil d'un multiplicateur de Schweigger ou d'un galvanomètre; et l'on voit, aussitôt que le circuit est fermé, et que le courant passe de E en $E_1$, l'ai-

guille du multiplicateur se dévier; ce qui indique que le second fil, complétement isolé cependant du premier, est lui-même parcouru par un courant qui est précisément le courant d'induction. Sa direction, que l'on déduit facilement, comme nous l'avons dit, du sens de la déviation de l'aiguille du multiplicateur, est toujours opposée à celle du courant primitif. Le courant d'induction dont l'intensité dépend de la force électro-motrice de la pile, du diamètre et du nombre des tours des fils, etc., est de très-courte durée, l'aiguille du multiplicateur revient sur-le-champ à sa première position, et elle y reste alors même que le premier courant continue à circuler : mais dès qu'on interrompra le circuit, le courant d'induction renaîtra en sens contraire de sa première direction, de telle sorte que chaque fermeture et chaque rupture du courant primitif seront accompagnées d'un courant d'induction presque instantané.

Pour faire naître un courant d'induction dans un circuit formé, par exemple, de plusieurs tours de fil de cuivre isolé, il suffit tout simplement d'en approcher rapidement un circuit semblable traversé par un courant voltaïque: et ce premier courant d'induction est remplacé par un second courant en sens contraire, quand on éloigne brusquement le circuit traversé par le courant direct.

Si l'on introduit rapidement un des pôles d'un aimant puissant A dans l'intérieur d'un cylindre ou bobine creuse de bois B entourée d'un fil de cuivre isolé, fig. 25, dont les extrémités E, E′ communiquent avec les deux bouts d'un multiplicateur de Schweigger, la déviation de l'aiguille du multiplicateur constatera l'apparition subite d'un courant d'induction. L'enlèvement brusque de l'aimant sera accompagné d'un courant d'induction en sens contraire.

Enfin si l'on approche un fer à cheval aimanté d'un autre fer à cheval en fer doux, ou qu'on l'en éloigne, le fer doux sera aimanté tour à tour par induction, en sens contraire.

Au lieu d'approcher et d'éloigner l'électro-aimant de la bobine, au lieu de l'y introduire et de l'en retirer, on peut, fig. 26, prendre un fer à cheval en fer doux ABC entouré d'un fil de cuivre recouvert de soie et faire tourner ce fer à cheval au-dessus d'un autre fer à cheval aimanté d'une manière permanente A′B′C′, dont N′ est le pôle nord et S′ le pôle sud : quand l'extrémité A du fer à cheval en fer doux s'approchera du pôle nord de l'aimant, elle deviendra un pôle sud; l'extrémité C deviendra en même temps un pôle nord, et le fil

enroulé sera traversé par un courant d'induction dont la direction est indiquée par les flèches. Quand l'extrémité A s'éloignera de A′, le premier courant d'induction sera remplacé par un second en sens contraire, et ainsi de suite à chaque demi-révolution du fer à cheval mobile. De cet appareil élémentaire à une machine magnéto-électrique donnant un courant sensiblement continu et toujours dans le même sens, il n'y a qu'un pas. La figure 27 représente un appareil de ce genre, qui n'est au fond qu'une modification ingénieuse de la première de toutes ces machines, inventée et construite, comme nous l'avons dit, par M. Hippolyte Pixii. B et B′ sont les deux bobines inductrices renfermant deux noyaux ou cylindres de fer doux C,C′, réunis par une armature aussi en fer doux AA′: au moyen d'une manivelle M on fait tourner rapidement les deux bobines autour de l'axe E, au-dessus et à une très-petite distance du faisceau de barreaux aimantés en fer à cheval SDN, dont N est le pôle nord et S le pôle sud. L'ensemble PTN est un commutateur qui a pour objet d'amener le courant né à chaque demi-révolution, soit en P, soit N, suivant qu'il est dans un sens donné ou en sens contraire, de telle sorte que l'électricité qui afflue, soit en P, soit N, étant toujours de même nom, P et N deviennent les deux pôles d'une pile. Les figures 28 et 29 représentent à part ce commutateur; la première figure est une coupe suivant l'axe, la seconde une vue perspective. TT est un tube en laiton portant à ses extrémités 2 et 3 deux demi-anneaux en acier quelque peu saillants. T′T′ est un second tube en laiton concentrique au premier, mais séparé de lui par un cylindre isolant en bois de buis ou en ivoire, et portant aussi à ses extrémités deux nouveaux demi-anneaux en acier, 1 et 4, alternant avec les deux premiers, 2 et 3. Le fil $f_1$, fig. 27, est toujours en contact avec le demi-anneau 1, et le fil $f_2$ avec le demi-anneau 2; les deux ressorts doubles R et R′ en acier appuient légèrement par leurs bouts $aa'$, $bb'$, sur les deux anneaux 1, 2, 3, 4. Dans la position représentée par la figure, le ressort $a'$ presse réellement sur l'anneau 2, et le ressort $b'$, sur l'anneau 4; les ressorts $a$ et $b$, au contraire, ne touchent pas les parties métalliques du commutateur, parce que les anneaux alternants 1 et 3 sont en dessous de l'axe. L'électricité positive sortant du fil $f_2$ de la bobine va à l'anneau 2, passe de là dans le ressort $a'$ et va au pôle P; si le circuit PN était fermé, le courant marchant dans le sens de la flèche viendrait par le ressort $b'$ à l'anneau 4, de l'anneau 4

à l'anneau 1, puis au fil $f_1$, etc. ; le courant serait établi. Après une demi-révolution des bobines, le courant d'induction change de direction ; l'électricité positive sort par le fil $f_1$, arrive à l'anneau 1, passe de 1 au ressort $a$, arrive encore en P, va en N si le circuit est fermé, de N par le ressort $b$ à l'anneau 3, puis à l'anneau 2, et revient dans la bobine par le fil $f_2$. Après une demi-révolution en effet, les ressorts $a'$ et $b'$ ne touchent plus les anneaux 2 et 4 ; ce sont les anneaux $a$, $b$ qui s'appuient sur 1 et 3. Cette modification de l'appareil de M. Pixii a été exécutée par M Stöhrer, mécanicien très-habile de Leipzig.

La figure 1, planche IV, représente une machine magnéto-électrique de Saxton, construite et modifiée par M. Billant : c'est celle dont il a été question dans la première partie de ce volume. Le commutateur C fixé sur l'axe de révolution est tout à fait analogue à celui que nous avons précédemment décrit, mais plus simple : il est formé d'un anneau de laiton découpé comme la genouillère d'une baïonnette, et appliqué sur un cylindre d'ivoire ; les fils ressorts R, R′ appuient alternativement sur le métal et sur l'ivoire, et cette alternative suffit à faire aboutir toujours au point P l'électricité positive, au point N l'électricité négative, de sorte que P et N sont comme les deux pôles d'une pile.

La figure 2 représente une machine magnéto-électrique multiple donnant un courant plus parfaitement continu, et dont l'intensité est telle qu'il peut vaincre la résistance des plus longs fils conducteurs aussi facilement qu'une forte pile. M, N, O, P, Q, R, sont six aimants à deux branches ou en fer à cheval, formés, si on le veut, de plusieurs lames superposées ; ils sont disposés de telle sorte que les pôles de noms contraires de deux aimants consécutifs soient vis-à-vis l'un de l'autre. Les six pôles d'un côté et les six pôles de l'autre sont sur deux lignes parallèles. BB′ est un axe de rotation commun à cinq systèmes de bobines doubles, D, E, F, G, H, et parallèles aux lignes des pôles ; il tourne librement sur les deux pivots A, A′, par le moyen d'un pignon I qui engrène avec la roue J mue par la manivelle M. Les cinq systèmes de doubles bobines, formant autant d'électro-aimants, sont placés de telle sorte que le plan passant par l'axe de rotation BB′ et les axes des deux cylindres de fer doux de chaque bobine ait pour chaque couple une inclinaison différente, et que par conséquent tous les cylindres de fer doux arrivent successivement et non simultanément en présence des pôles des aimants adjacents. M, M, M, M sont

de petits disques circulaires formés de deux demi-anneaux circulaires en laiton, séparés l'un de l'autre et isolés de l'axe BB′ par de petites portions d'ivoire interposées. Le plan de la plaque d'ivoire isolante dans chacun des disques coïncide avec le plan qui renferme l'axe de rotation et les deux axes des cylindres des bobines. TT est une barre de bois parallèle à l'axe BB′ et à laquelle sont fixées des bandes métalliques U, U′, etc., séparées les unes des autres. Les bandes U sont fixées sur la partie antérieure de la barre, les bandes U′ sur la partie postérieure; les extrémités de ces lames portent des ressorts W, W, W, etc.; deux de ces ressorts, comme la figure le montre, portent sur des portions différentes des anneaux M, M... Le fil de chaque double bobine est continu, mais il s'enroule en sens opposés sur les deux cylindres de fer doux; et ses deux extrémités sont fixées aux deux anneaux semi-circulaires en métal du disque isolé. Voici comment la machine agit. Les deux extrémités du conducteur PN qui complètent le circuit sont en communication avec les plaques extrêmes U U, par le moyen des vis de pression X, X′, et dans toutes les positions de l'axe de rotation, le fil conducteur qui ferme le circuit et tous les fils des bobines, un seul excepté, quand il est dans une position particulière, forment un seul circuit continu, de telle sorte que si l'ensemble est traversé par un courant électrique, il suivra la direction indiquée par les flèches. Quand l'axe tourne, les bobines changent de position par rapport aux aimants, et les courants d'induction produits changent de direction à chaque demi-révolution; mais en même temps le ressort passe de l'un des deux anneaux circulaires du disque isolé sur l'autre, et le courant résultant suit toujours la même direction dans le fil PN; le courant naît pour chaque bobine dans une position différente de l'axe de rotation, et commence dans chacune avant qu'il ait cessé dans les autres; le courant résultant est donc parfaitement continu, et P et N sont en tout semblables aux pôles d'une pile. Il importe d'observer que les ressorts ne doivent jamais reposer sur l'ivoire seul, car alors le courant serait arrêté; il faut donc les disposer de telle sorte qu'ils commencent à toucher les seconds demi-anneaux circulaires avant de quitter les premiers.

La fig. 3 représente une nouvelle forme de la machine magnéto-électrique assez répandue en Angleterre. A est un fort aimant de trois lames superposées, fixé par des vis à la table T. BB sont les bobines d'induction, dont le fil conducteur communique par ses deux extré-

mités avec les vis de pression ou crochets P, N, au-dessous de la table. Au moyen du levier L dont l'axe de rotation repose sur les tourillons $t$, $t$, et qui est munie d'une poignée $P$, on peut élever ou abaisser sans peine les bobines BB. La masse M limite l'excursion du levier. Le ressort R maintient les bobines en contact avec les aimants aussi longtemps que le levier L n'est pas abaissé. Le fil conducteur qui doit compléter le circuit a ses deux extrémités fixées en P et N, et continue le fil des bobines. Quand les bobines reposent sur les aimants il n'y a pas de courant ; mais si on les éloigne en abaissant le levier, le magnétisme des cylindres de fer doux cesse et fait naître en cessant un courant d'induction qui sera suivi d'un second courant en sens contraire quand on relèvera le levier.

Les figures 1 et 2, planche XVI, représentent les dispositions des machines électro-magnétiques inventées par M. Dujardin. Dans la fig. 1, la machine est vue de dessus ; dans la fig. 2, elle est vue de côté. Les mêmes lettres représentent les mêmes objets dans les deux figures. ABC est un aimant puissant, en forme de fer à cheval, composé de plusieurs lames d'acier superposées. Cet aimant est supporté par trois petites colonnes en bois, dont deux seulement sont visibles en D, E, fig. 2. Il est fixé solidement sur une planche qui sert de base à la machine au moyen d'une traverse en laiton FG, d'un boulon HI, et d'un écrou K. LM, NO sont deux grosses bobines qui présentent à leur centre une grande ouverture prismatique, et sur lesquelles un très-long fil de cuivre isolé est enroulé. Les branches de l'aimant sont logées au centre de ces bobines. Les bouts du fil de cuivre sont soudés sur deux petits dés en laiton, P, Q, fig. 1, qui sont munis chacun d'une vis de pression pour pincer les fils de communication.

RS est une plaque de fer doux qui est appliquée sur les bouts de l'aimant. Deux pivots, fixés sur le bord supérieur de cette plaque, sont logés dans deux trous pratiqués dans les montants T, U, qui ne sont pas représentés dans la fig. 2.

VX est un long manche fixé au centre de la plaque de fer RS. Il sert à la faire osciller sur ses pivots. Pour cela il suffit de soulever le manche VX, comme on le voit en V′X′, fig. 2, puis de le laisser retomber. On peut combiner ensemble plusieurs machines magnétiques, et obtenir des *batteries magnétiques* d'une très-grande puissance. La fig. 3 représente une machine de ce genre, composée de deux aimants, de quatre bobines et d'une longue plaque de fer qui est appli-

quée sur les bouts des deux aimants. On peut réunir de la même manière, trois, quatre,.... etc., aimants. Dans ce cas, on fixe deux manches sur la plaque de fer au lieu d'un seul, afin de pouvoir faire fonctionner la batterie à l'aide des deux mains.

C'est une idée heureuse et féconde que de faire pivoter l'armature autour du pôle de l'aimant, au lieu de l'en détacher. M. Dujardin a transformé de bien des manières ses machines électro-magnétiques; nous renvoyons pour ces changements de forme à la première édition de cet ouvrage.

M. Glaesener, professeur de physique à l'université de Liége, a eu de son côté, pour détacher plus facilement l'armature de l'aimant, la pensée de la faire tourner, par un mouvement de bascule, autour d'un des pôles devenu une sorte de charnière. La fig. 4, planche V, donne une idée suffisante de cette nouvelle disposition tout à fait semblable à celle adoptée par M. Dujardin, à qui en appartient la priorité. Nous dirons plus tard les applications que M. Glaesener en a faites, et les perfectionnements qu'il croit avoir apportés à la télégraphie.

### APPAREILS INTERRUPTEURS DU COURANT GALVANIQUE.

La fig. 5 représente un des plus élégants appareils de ce genre; c'est une modification, avec quelques perfectionnements, de la disposition primitivement inventée par le docteur Neef de Francfort. Un fort électro-aimant est fixé entre quatre petites colonnes C, C; les deux extrémités du fil de la bobine aboutissent aux deux vis de pression V et V′, où viennent se fixer aussi les extrémités des fils partant des deux pôles de la pile. Au-devant du cylindre de fer doux F se trouve l'appareil vibrant que le courant doit traverser. Il se compose : 1° d'un fil métallique faisant fonction de ressort R, fixé à la plate-forme AB, qui se rend à la vis de pression V par une de ses extrémités, tandis que l'autre redressée porte un petit cylindre appelé marteau par M. Neef, moitié fer, moitié laiton ou platine, et dont le bout fer correspond au centre du cylindre de fer doux et en est très-rapproché. 2° D'un petit disque E de laiton amalgamé, ou de platine appelé enclume, et porté par un gros fil recourbé qui se rend au pôle positif de la pile. Si l'autre pôle comunique avec la vis de pression V′ et que l'extrémité du marteau soit appuyée par le ressort contre l'enclume, le circuit est fermé; le cylindre doux devient un aimant; il attire le marteau en surmontant la résistance du ressort, celui-ci quitte le disque, le cou-

rant est interrompu, le magnétisme du fer doux cesse, le ressort agit, ramène le marteau sur l'enclume ; le courant est établi de nouveau, et tout recommence. C'est donc un mouvement continuel de va et vient du marteau, mouvement extrêmement rapide si l'intensité du courant est assez grande.

M. Froment, qui ne connaissait pas l'appareil inducteur de M. Neef, a construit et présenté à l'Académie des sciences un instrument tout semblable. Il se compose aussi d'un petit électro-aimant, dont le contact en fer très-léger oscille entre l'un des pôles et un arrêt contre lequel un ressort tend à le faire appuyer. On peut, au moyen de vis, faire varier la force du ressort, l'amplitude et le nombre des vibrations, de manière à obtenir plusieurs milliers de battements par seconde, qui donnent naissance à un son très-net plus ou moins grave, plus ou moins aigu. Si l'instrument est réglé de manière à rendre un son fixe, les moindres variations dans l'intensité du courant se font sentir à l'oreille.

Ces petits appareils servent à mille usages ; si, par exemple, on interpose dans le circuit une grosse bobine de fil de cuivre à spires isolées, les courants d'induction se succèdent avec une rapidité plus ou moins grande, et produisent des effets physiologiques plus ou moins énergiques. Avec la bobine d'induction l'étincelle électrique produite entre le marteau et l'enclume prend beaucoup d'éclat et s'étale de plusieurs millimètres soit sur la tige, soit sur la plaque, suivant le sens du courant, et toujours au pôle négatif. La chaleur alors aussi peut devenir assez intense pour fondre l'enclume et le marteau.

Un amateur de Nancy, M. Édmond Denis, ancien notaire, qui s'est pris d'une belle passion pour la télégraphie, a aussi inventé un contact mobile qu'il croit préférable à tous les autres, parce que l'armature ne se meut plus perpendiculairement à la section du cylindre ou barreau aimanté, mais obliquement ; on se met mieux ainsi à l'abri de la persistance de l'aimantation dans le fer doux, persistance très-courte certainement, mais réelle. La fig. 6 représente l'appareil de M. Denis. Il se compose 1° d'un électro-aimant EE′, dont le cylindre, de fer doux courbé, est long de 24 centimètres, d'un centimètre et demi environ de diamètre, fixé très-solidement par le dos, au moyen d'une vis, dans une position horizontale, au-dessus d'une tablette en bois de vingt centimètres de côté ; et dont les extrémités, creusées sur une profondeur de deux à trois millimètres, présentent deux bords saillants

d'un millimètre d'épaisseur ; le fil des bobines a un quart de millimètre de diamètre et cinquante mètres de longueur ; 2° d'un contact $cc'$, formé d'une pièce de fer doux, de quatre millimètres d'épaisseur, creusée comme l'électro-aimant, présentant des bords saillants symétriques et de même épaisseur, et traversé à son centre par un axe A que soutiennent les pointes aiguës de deux vis aussi en acier. Un poids léger, enfin, mobile et placé sur une des branches du contact détermine le renversement de la lame quand elle n'est plus attirée par l'électro-aimant : la partie mobile de l'appareil est portée sur un support glissant à frottement, afin que l'on puisse augmenter ou diminuer la distance du contact à l'électro-aimant. Le contact se balance donc devant les pôles de l'aimant : lorsque le courant passe, l'attraction l'emporte sur le poids, ses bords s'appliquent contre ceux du fer doux ; si le courant cesse, le contact s'incline sous l'action du poids ; deux petits obstacles limitent les amplitudes d'oscillation du contact, pour qu'il ne sorte pas de la sphère d'attraction de l'aimant en pleine puissance.

L'appareil de M. Denis diffère essentiellement de celui de M. Neef ; il n'interrompt pas lui-même le courant, il le suppose interrompu pour pouvoir fonctionner ; il ne peut, par conséquent, servir dans la télégraphie que comme récepteur, ainsi que nous le dirons plus tard.

### RELAIS OU APPAREILS PROPRES A METTRE EN ACTION UNE SECONDE PILE, AU MOYEN DU COURANT PRODUIT PAR UNE PREMIÈRE PILE A DISTANCE.

Le *relais*, dont l'invention est réclamée par MM. Morse et Bréguet, a été réellement imaginé par M. Wheatstone : il est représenté fig. 7. P est la pile à distance, F,F′ les fils conducteurs. Le relais proprement dit se compose 1° d'un multiplicateur M avec une seule aiguille A fixée sur un axe horizontal $aa'$, et mobile avec cet axe qui tourne sur deux tourillons portés par les supports S,S′ ; 2° d'un levier horizontal $ll'$ fixé perpendiculairement à l'axe $aa'$ ; une de ses extrémités porte un petit arc ou fourche $b$, l'autre un contre-poids $p$ équilibrant la fourche ; 3° de deux petites colonnes en cuivre $cc'$, portant deux petites coupes contenant quelques gouttes de mercure ; 4° d'une pile locale P : l'un de ses pôles, le pôle positif, par exemple,

communique avec la petite colonne *c*, l'autre pôle est relié par un fil conducteur avec la colonne *c'*, à moins que, comme la figure le représente, on ne place sur le trajet du courant local un électro-aimant destiné à produire un effet mécanique, par exemple, à faire sonner un timbre ; dans ce cas, le second pôle se lie à l'une des extrémités du fil de l'électro-aimant, tandis que l'autre extrémité de ce fil va rejoindre la colonne *c'* ; alors aussi une armature en fer doux *A*, placée verticalement et mobile autour de l'axe horizontal *aa'*, porte à son extrémité un prolongement en forme de marteau *m*. Voici le jeu de l'appareil :

Les fils conducteurs partis des pôles de la pile à distance communiquent avec les extrémités *e*,*e'* du fil du multiplicateur M, et si, au moyen du mouvement de bascule B, l'on ferme le circuit, le courant traverse le fil du multiplicateur, son aiguille est déviée, la fourche plonge dans les petites coupes, et par là même le circuit de la pile locale est fermé : cette pile agit, l'électro-aimant E devient actif, l'armature *A* est attirée et le marteau *m* frappe un coup sur le timbre. Quand la touche B est relevée, le courant principal est interrompu, l'aiguille revient à sa position verticale, les deux extrémités de la fourche sortent du mercure, le circuit de la pile locale est rompu, celle-ci ne fonctionne plus, le ressort *r*, en se détendant, détache l'armature *A* ; tout revient à la position primitive d'équilibre. Le courant principal suit la marche *p' e e' p* ; le courant local *p e c' b b' p'*.

Si, au lieu de faire sonner directement un timbre, on voulait à distance libérer un mouvement d'horlogerie, déterminer et arrêter alternativement son action, on emploierait l'échappement électromagnétique imaginé d'abord par Davy et représenté fig. 8. E est l'électro-aimant ; A, son armature portant une double palette à échappement, et qu'un ressort R tient à distance de l'électro-aimant ; V est la vanne ou régulateur du mouvement imprimé par le poids P, elle tourne autour d'un axe horizontal et vient butter contre les palettes ; B est le barillet sur lequel s'enroule la corde qui porte le poids, ou dans lequel se trouve le ressort d'horlogerie qui peut remplacer le poids. Le jeu de l'appareil est très-simple ; quand le courant de la pile à distance, ou de la pile locale passera, l'électro-aimant deviendra actif, l'armature sera attirée et la palette supérieure soulevée ; la vanne rendue libre tournera sous l'action du poids, et ne sera arrêtée par l'une ou par l'autre des palettes qu'autant que, le courant cessant,

l'armature sera revenue à sa position primitive. Nous retrouverons dans les télégraphes de Wheatstone et autres des dispositions semblables dont le jeu sera désormais très-facile à comprendre.

Nous décrirons encore un appareil analogue, que M. Kramer a appelé pendule. Un support en laiton SS′, fig. 9, porte un électro-aimant vertical E dont les pôles sont tournés vers le bas, et attirent une armature ou ancre à équerre A, dont la surface intérieure est recouverte d'une lame de cuivre ; cette ancre très-mobile tourne sur deux pointes de vis placées des deux côtés des supports, son extrémité libre est liée par l'intermédiaire d'un levier LL′ avec un fil en hélice faisant fonction de ressort R, que l'on peut tendre plus ou moins au moyen de la vis V ; le ressort et la vis sont isolés du support SS′. Juste au-dessous du milieu de l'armature se trouve une pointe *p* de laiton que l'on peut en rapprocher ou en éloigner au moyen de la vis V′ : quand l'armature est attirée, elle doit cesser de toucher la pointe *p* ; mais elle retombe sur cette pointe, par l'action du ressort, dès que le courant est interrompu. Le jeu parfait de l'appareil dépend uniquement de la position de la pointe, de sa distance à l'armature et de la tension du ressort. L'un des bouts du fil de l'électro-aimant communique directement avec l'un des pôles de la pile placée à distance, le second fil communique à l'autre pôle de cette pile par l'intermédiaire du support SS′ ; la vis V′ est unie à ce même support par une liaison métallique ; du pied S du support part un fil qui va à l'un des pôles de la batterie locale ; le levier LL′, isolé du support SS′, est uni, ainsi que l'armature, par un fil conducteur avec le second pôle de la batterie locale. Voici le jeu de l'appareil : aussi longtemps que le circuit de la pile à distance est fermé, l'armature est attirée et le circuit de la pile locale est ouvert, parce qu'il ne peut être fermé que par le contact de l'armature avec la vis V′ : mais dès que le premier circuit est brisé, l'électro-aimant est inactif, le ressort amène l'armature au contact de la vis V′, et le circuit de la pile locale est fermé. M. Kramer a pensé qu'il valait mieux donner à son pendule une disposition telle que le circuit de la batterie locale fût fermé quand l'armature est attirée et que, par conséquent, les ouvertures et les fermetures du courant principal et du courant secondaire se fissent en même temps. La fig. 10 représente son pendule perfectionné. L'électro aimant EE est fixé contre la partie supérieure de la plaque PP′ ; le fil conducteur du pendule suit le parcours 1,2,3, l'extrémité 3 est vissée à la plaque ; l'arma-

ture A est attachée au levier L, et retenue à distance de l'électro-aimant par le ressort R, que l'on tend plus ou moins à l'aide de la vis V, aussi longtemps que le circuit principal n'est pas fermé: mais quand ce circuit est fermé, l'électro-aimant attire l'armature et amène le petit marteau *m* en platine qui forme le prolongement de l'armature en contact avec l'enclume de laiton revêtu de platine *e*: il n'existe donc de contact métallique entre *m* et *e* qu'autant que le circuit principal est fermé; on règle d'ailleurs la distance de l'armature à l'électro-aimant au moyen de la vis V′. L'enclume *e* passe entre les branches de l'électro-aimant et traverse la plaque PP′ sans la toucher, enveloppée qu'elle est d'une couche isolante d'ivoire, et se rattache au fil 5, qui communique par la vis de pression *p* avec l'un des pôles de la batterie locale: la tête de la vis V′, le ressort R, la vis de pression *v*′, l'armature A et le marteau *m* communiquent métalliquement avec la plaque PP′, et de cette plaque, par le fil 4, qui va en *n* directement, ou par l'appareil télégraphique, au second pôle de la pile à distance. Si le circuit principal est fermé, le courant arrive en *p*, parcourt dans la direction 1,2,3 le fil de l'électro-aimant, arrive à la plaque PP′, va en 4 et retourne à la pile placée à distance: alors aussi le circuit de la batterie locale est fermé, le courant arrive en *p*, suit le fil 5, va à l'enclume *e*, au marteau *m*, à l'armature, au ressort R, à la plaque PP′, au fil 4, à la vis de pression *n* et revient par *p* à travers l'appareil télégraphique. Si, au contraire, le courant principal ne passe pas, le marteau est séparé de l'enclume, le courant local est lui-même interrompu. Le courant principal et le courant local circulent donc ou ne circulent pas en même temps à travers l'appareil télégraphique.

## APPAREILS MESUREURS DE L'INTENSITÉ DU COURANT.

*Galvanomètre.* — Le galvanomètre n'est, en réalité, qu'un multiplicateur de Schweigger rendu extrêmement sensible par l'emploi de deux aiguilles dont les pôles sont opposés, et qui forment par là même un système astatique: ce système de deux aiguilles échappe, ou à peu près, à l'action du magnétisme terrestre, et n'obéit plus qu'à l'action du courant. Cette heureuse modification a été imaginée par Nobili. La fig. 11, planche IV, représente un de ces appareils parfaitement construit par M. Billant. AA′ sont les deux aiguilles; B est la bobine recouverte d'un fil fin et long quand l'élément électro-moteur a une

grande puissance, gros et court quand la force électro-motrice est faible : comme l'une des aiguilles aux pôles opposés est placée dans l'intérieur de la bobine, l'autre à l'extérieur, le courant tend à les faire tourner toutes deux dans le même sens, et son action directrice est par conséquent presque doublée; C est le cadran divisé sur lequel on compte les degrés. Le système des deux aiguilles est suspendu à un seul brin de soie blanche et cuite, afin qu'elle soit très-souple et sans roideur aucune; l'extrémité supérieure du fil forme boucle sans torsion, et s'arrête à un crochet que l'on peut faire descendre et monter au moyen du mécanisme M, en vissant ou dévissant la petite boule. Quand le galvanomètre ne fonctionne pas, l'aiguille supérieure doit reposer sur le cadran ; quand on veut s'en servir, sa distance au cadran doit être de 1 à 2 millimètres ; l'axe qui réunit les deux aiguilles doit aussi passer exactement par le centre du cadran, ce que l'on obtient au moyen des vis callantes V, V, V ; le bouton E, placé sous l'appareil, sert à faire tourner le cadran pour amener l'aiguille parfaitement à zéro; P, N sont enfin les vis de pression où sont fixés les fils conducteurs ou réophores partis des pôles de la pile.

Un bon galvanomètre de Billant fait à peine deux oscillations par minute, et revient parfaitement au zéro; on ne doit y faire passer que des courants très-faibles ou très-affaiblis par l'introduction d'une bobine de fil très-fin et très-long, de trois mille tours, par exemple. La table sur laquelle on le fixe ne doit pas contenir de fer, et il ne doit pas y en avoir dans le voisinage. La cloche qui recouvre l'instrument s'enlève par un simple mouvement de rotation.

Les instruments que nous allons décrire remplacent le galvanomètre, lorsqu'il s'agit de mesurer des courants intenses, tels que ceux produits par les piles ordinaires ou à liquides.

*Boussole des sinus.* — Elle est représentée fig. 12, planche IV. Elle se compose 1° d'un multiplicateur M, formé à volonté, ou d'un ruban de cuivre, ou d'un faisceau de fils isolés appliqué ou enroulé sur la circonférence d'une roue ou portion de cylindre d'un tiers de mètre environ de diamètre, en sorte que chaque tour du ruban ou du fil est d'un mètre ; 2° d'une aiguille aimantée A posée sur un pivot au milieu du multiplicateur : le multiplicateur et son aiguille sont montés sur l'alidade d'un cercle divisé horizontal CC. Quand le plan moyen du multiplicateur est exactement dans le méridien magnétique, l'appareil est au zéro, et le repère de l'index de l'aiguille, repère tracé

sur une lamelle de bois fixée perpendiculairement à l'aiguille en son point milieu, tombe sous le fil d'une loupe ou d'une lunette accolée au multiplicateur et qui le suit dans tous les mouvements. Si maintenant on vient à faire passer un courant dans le multiplicateur, l'aiguille est déviée, et l'on tourne l'alidade qui porte le multiplicateur jusqu'à ce que le fil de la lunette arrive au repère de l'aiguille : le cercle fixe indique de combien de degrés on a dû marcher ; cet arc est la mesure exacte de la déviation, et son sinus mesure l'intensité du courant.

Les figures 13, 14, 15 représentent la boussole des sinus employée sur les lignes télégraphiques françaises.

ABC est un cercle gradué fixe et placé sur la circonférence d'un disque circulaire en bois : sur la partie intérieure du disque s'engage un plateau circulaire A′B′C′ qui peut tourner autour de son centre, et porte un index I indiquant sur le cercle fixe ABC de combien de degrés, minutes, etc., il a tourné. DE est un cadre en bois établi perpendiculairement à la surface du plateau mobile et entouré de plusieurs tours de fil isolé : c'est un simple multiplicateur. La chape avec pierre dure d'une aiguille aimantée *aa* repose sur un pivot ou pointe très-aiguë *p*, placée au centre du cadran ; une autre aiguille neutre très-légère en laiton *a′a′* est fixée perpendiculairement à l'aiguille aimantée. R est un point de repère pour la pointe de l'aiguille en laiton *a′a′*, il est placé sur le plateau mobile, près de la circonférence, sur la perpendiculaire au plan du multiplicateur menée par le centre. Le plateau A′B′C′, l'index I, le multiplicateur et le repère, liés invariablement, forment un système mobile autour d'un axe vertical passant par le centre. L'index I étant sur le zéro de la graduation, on dispose tout le système de manière que le cadre et le fil qui l'entoure soient dirigés vers les pôles magnétiques de la terre : comme l'aiguille aimantée prend d'elle-même cette direction, on sera arrivé à la position cherchée lorsque la pointe de l'aiguille *a′a′* sera sur le point de repère R. Si maintenant on fait passer un courant dans le fil qui entoure le cadre, l'aiguille est déviée, elle sort du cadre, et l'on tourne le cercle mobile A′B′C′ dans le sens de la déviation jusqu'à ce que la pointe de l'aiguille *a′a′* se retrouve sur le repère R. L'angle compris entre les deux positions de l'index mesure la déviation, et son sinus, exprimé par le nombre correspondant de la table des sinus, donnera l'intensité cherchée du courant.

*Boussole des tangentes.* — Elle est représentée planche V, fig. 1, et se compose 1° d'un grand cercle de 4 à 5 décimètres de diamètre, sur lequel s'enroule un ruban de cuivre de 20 millimètres de largeur, de 2 millimètres d'épaisseur et revêtu de soie: le courant devra traverser ce ruban, dont les deux extrémités, appuyées l'une contre l'autre et se prolongeant dans le sens du rayon, s'écartent ensuite pour plonger séparément dans deux godets contenant du mercure; 2° d'un cercle fixe divisé C, horizontal ou perpendiculaire au plan du multiplicateur, et que doit parcourir une aiguille aimantée A suspendue par un fil de soie dans l'intérieur d'une cloche. Si, comme il faut toujours le supposer, la longueur de l'aiguille est petite par rapport au rayon du cercle, l'intensité du courant sera mesurée par la tangente de la déviation. Cette aiguille courte ne permettrait pas d'estimer facilement la déviation avec une approximation suffisante; pour parer à cet inconvénient on fixe au centre de l'aiguille, et bien perpendiculairement à sa longueur, une longue aiguille de cuivre très-légère, dont les extrémités parcourent les divisions du cercle divisé. On voit que la boussole des tangentes n'est guère qu'un galvanomètre.

## APPAREILS RELATIFS AU FIL CONDUCTEUR DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES.

*Poteau souteneur des fils.* — Le poteau souteneur, presque universellement employé en Angleterre, est représenté fig. 2. Une plaque en bois, séparée du poteau par des disques de faïence brune ordinaire, est fixée contre lui par des boulons de fer qui traversent la plaque, les disques et le poteau, de nouveaux anneaux et une nouvelle plaque, et sont retenus par un écrou. La plaque porte quatre doubles cônes aussi en faïence et retenus par des colliers de fer. Les fils conducteurs traversent l'axe de ces doubles cônes et se trouvent ainsi très-bien isolés. Un double système de fils passe devant et derrière le poteau recouvert d'un petit toit en faïence ou en ardoise.

*Poteau extenseur des fils.* — Il est représenté fig. 3; son volume est plus considérable que celui du poteau souteneur; il est traversé par autant d'écrous en fer qu'il y a de fils, et chaque écrou porte de chaque côté son tendeur, composé d'un tambour ou treuil avec roue et encliquetage; les bouts du tendeur sont isolés du poteau par des disques en faïence, les fils viennent s'y attacher des deux

côtés, et il continue le circuit ; mais pour assurer le passage du courant, on soude un fil secondaire au fil principal, des deux côtés du poteau. Le petit appendice que l'on voit dans la figure à droite et à gauche sur le second fil, qui ressemble à une poulie, et que les Anglais appellent *schackle*, est formé d'un anneau de faïence muni de deux crochets ; les attaches de l'un entourent la poulie, l'autre est fixé à son centre : ils sont donc isolés l'un de l'autre, de sorte que le poteau extenseur est en dehors du circuit qui se complète par le fil secondaire.

Le fil conducteur est un fil de fer n° 8 du commerce, en Angleterre ; il a environ 4 millimètres de diamètre et il a été galvanisé, c'est-à-dire que plongé dans un bain de zinc fondu, il s'est recouvert d'une couche de zinc, laquelle, en se combinant avec l'oxygène de l'atmosphère, forme une couche d'oxyde inaltérable, qui met le fil de fer à l'abri de toute rouillure, et lui donne une très grande durée. Les poteaux soutenceurs ont de 4 mètres 25 à 9 mètres de haut, de 4 à 5 centimètres carrés, de 3 à 4 centimètres carrés au sommet ; ils sont peints en blanc, et charbonnés et goudronnés dans la partie qui entre dans la terre ; leur distance moyenne est de 50 mètres. La distance moyenne des poteaux extenseurs est de 400 mètres ; la moitié des fils seulement est coupée à chaque poteau extenseur, de sorte que la portion de chaque fil continu est d'environ 800 mètres ; cette longueur de 800 mètres est formée de bouts de fil soudés ensemble, et de plus unis par un fil additionnel qui passe d'un côté à l'autre de la soudure.

La fig. 4 représente le sommet d'un poteau des chemins de fer du grand-duché de Brunswick. Il est terminé en pointe P longue de 1 pouce et demi environ sur six lignes de diamètre, et recouvert d'un chapeau en porcelaine, sorte de coupe renversée CC ; au sommet du chapeau on a ménagé une entaille dans laquelle entre le fil conducteur FF enveloppé de plomb. Le poteau est ainsi complétement abrité, l'isolement est parfait ; et même, avec des courants très-intenses, la perte d'électricité est nulle.

Les fig. 5 et 6 représentent un poteau souteneur des lignes télégraphiques françaises, avec le support à anneau S. L'ouverture pratiquée dans le support est un double cône oblique, dont le sommet se trouve à l'intérieur, de sorte que le fil ne passe que sur un point abrité par la masse même du support.

Les fig. 7 et 8 représentent ce même poteau avec support en cloche,

muni de deux oreillettes percées de trous pour donner passage aux vis qui le fixent sur le poteau. On scelle au soufre, dans la cavité intérieure, un crochet C, dont l'extrémité libre se contourne de manière à former un anneau dans lequel s'engage le fil conducteur. Le grand avantage du système adopté en France, c'est qu'on n'affaiblit pas le poteau en l'amincissant, et qu'en ajoutant des clochettes on peut augmenter indéfiniment le nombre des fils.

Les fig. 9 et 10 représentent l'extenseur vu de face et coupé perpendiculairement au poteau. Un petit treuil T s'appuie sur deux plaques en fer PP; il tourne sur lui-même au moyen d'une manivelle ou clef, et entraîne dans sa rotation une roue à rochet R; cette roue est munie d'un cliquet C mobile autour de son centre et qui l'arrête.

La fig. 11 montre un appareil de traction formé de deux extenseurs dirigés en sens inverse, de manière à pouvoir tendre un fil de chaque côté. La fig. 12 montre le même appareil vu de face. OOO sont trois oreilles faisant corps avec le châssis A B C D, pouvant recevoir chacune une poulie P, P, P en porcelaine, qui isolent du poteau l'appareil tracteur fixé par trois vis passant dans les poulies. La fig. 13 montre le même appareil mis à l'abri de la pluie par une cloche ou calotte en porcelaine C, dont la partie inférieure ou le prolongement de forme prismatique rectangulaire est percé pour donner passage à l'axe ou appendice qui unit les deux treuils. Les appendices des treuils sont dessinés fig. 14.

Les poteaux en France sont des brins ou soliveaux de pin ou de sapin de 6 à 9 mètres de longueur, que l'on injecte de sulfate de cuivre par le procédé Boucherie, pour augmenter la durée de leur conservation; on les écorce et on les fiche en terre, les plus petits à une profondeur de 1 mètre 50, les plus élevés à une profondeur de 2 mètres; la partie enterrée est parfaitement préservée par le sulfate de cuivre. Pour traverser les passages de niveau ou passer par-dessus les bâtiments des stations, les poteaux ont 9 mètres 50.

Quand les fils conducteurs doivent être enfouis dans le sol, comme ceux qui passent sous le pavé des villes, ils sont en cuivre n° 16 du commerce anglais. Si l'on ne veut pas employer la gutta-percha, on les recouvre de coton imbibé de goudron jusqu'à saturation, et assemblés dans des tuyaux de plomb par groupes de trois, quatre ou plus. Le tuyau de plomb, recouvert d'une corde goudronnée, est placé lui-même dans un tuyau de conduite, en fer. De distance en distance

les bouts des divers fils sortent ensemble de terre et sont fixés à des poteaux appelés poteaux visiteurs.

*Parafoudre des poteaux.* — On a vu, dans la figure 2, que les poteaux anglais sont simplement surmontés d'une pointe qui communique avec le sol par un fil conducteur ; l'électricité atmosphérique s'écoule ainsi dans le sol et ne peut plus briser les poteaux.

M. Walker a aussi adopté un autre parafoudre destiné à préserver les appareils. Il est représenté fig. 15, presque de grandeur naturelle. C un cylindre de cuivre de 1 millimètre et demi d'épaisseur, en parfaite communication avec la terre par le gros fil E et isolé du fil conducteur par un disque de bois de buis D et une bobine BB de ce même bois. Les flèches indiquent la direction du courant du fil conducteur de la ligne F au télégraphe, mis en communication avec ce fil à son extrémité $F_1$. La bobine BB remplit hermétiquement la capacité du cylindre ; mais on a ménagé sur sa surface de petites rainures en hélice pouvant recevoir trois ou quatre couches de fil de cuivre revêtu de soie et plus fins que tous ceux de l'appareil ; ce fil fait partie d'un circuit commençant au gros fil de cuivre E, et se terminant en F′, aussi près du sol qu'il est possible, plus près de fait qu'aucune partie métallique de l'appareil télégraphique. Le fil E se rattache en outre à deux noix ou écrous M, N munis de pointes, et le plus rapprochés possible l'un de l'autre dans la capacité supérieure du cylindre ; les disques en bois D, B sont recouverts par des disques en cuivre ; des pointes partant du disque de cuivre placé en haut s'approchent du cylindre C en communication avec la terre ; d'autres pointes, partant de la base de ce même cylindre C, s'approchent du disque de cuivre placé en bas. Le fil très-fin *f* de la bobine très-rapprochée du cylindre en communication avec la terre sera plus vite brûlé, dans le cas d'une forte décharge d'électricité atmosphérique, que le fil de la sonnerie et le fil de l'aiguille du télégraphe qui seront mis à l'abri. Le premier appareil de ce genre fut installé dans la station de Tunbridge-Well ; quelques semaines après son installation la foudre pénétra dans la station et se comporta dans l'appareil comme on l'avait espéré ; elle traversa sans dommage le gros fil E, et, en arrivant au fil *f*, elle sauta au cylindre, flamba le fil de soie et dévida le fil à l'endroit marqué par un point noir. Comme la décharge n'avait pas été très-intense, le fil *f* ne fut pas fondu.

Après l'accident du Vésinet, M. Bréguet proposa, pour prévenir la

ruine des appareils, et surtout pour mettre les employés des télégraphes à l'abri des explosions foudroyantes, d'arrêter les gros fils conducteurs en fer à 5 ou 6 mètres des cabanes, et d'opérer l'union de ces gros fils avec les appareils au moyen de fils métalliques très-fins. Cette disposition ne serait pas assez efficace. En voici une autre représentée fig. 16, planche V, et inventée par M. Steinheil. Sur le toit de la cabane on voit d'abord aux deux pignons deux conducteurs en pointes communiquant avec le sol par un fil conducteur, puis deux plaques de cuivre P,P′ carrées, de 6 pouces environ de côté. Le fil conducteur est brisé et se rattache de chaque côté normalement aux deux plaques; ces plaques, posées sur une base isolante en faïence ou en porcelaine, sont fixées sur le toit et séparées de plus l'une de l'autre par plusieurs plis d'étoffe de soie; une cloche les défend de la pluie. Deux fils assez fins F,F′, soudés aux plaques, conduisent le courant à l'appareil télégraphique. Ce courant aura toujours trop peu de tension pour vaincre l'isolement des plaques et passer d'une plaque à l'autre directement : il viendra donc par F aux appareils et retournera par F′ au fil conducteur. L'électricité atmosphérique, au contraire, ne trouvera pas assez d'issue par les fils fins F, F′, et sautera directement d'une plaque à l'autre; les appareils et les employés seront donc à l'abri de tout danger. En effet, dans les lieux où cette disposition a été adoptée, on n'a jamais vu, même pendant les plus grands orages et les coups de tonnerre les plus effrayants, ni étincelle, ni bruit se produire dans les fils qui mettent en jeu les indicateurs.

Voici comment, sur la ligne télégraphique principale du grand duché de Bade, M. Fardely a appliqué l'idée de MM. Steinheil et Bréguet. Le fil conducteur FF′, fig. 17, est interrompu au dernier poteau, distant du cabinet de 4 à 5 mètres; un double fil de cuivre *ff′*, soudé au fil conducteur principal des deux côtés du poteau, fait entrer l'appareil télégraphique T dans le circuit. Toute forte décharge d'électricité atmosphérique sautera de F en F′, ou, dans le cas le plus défavorable, fondra les petits fils de cuivre *f f′*, de sorte que les appareils seront toujours épargnés. En tournant, quand l'orage apparaît, la manivelle isolée du petit appareil interrupteur I, on met tout à fait le télégraphe en dehors du circuit.

Voici enfin les parafoudres appliqués par M. Meisner sur la ligne de grand-duché de Brunswick. Les fils conducteurs FF′ sont soutenus par des poteaux ordinaires jusqu'à une certaine distance de la station;

à partir de ce point ils sont recouverts de gutta-percha, et entrent sous terre, enfermés dans des tuyaux de fer, des tuyaux de générateurs de locomotive, par exemple; ils sortent à travers le mur et viennent, dans le cabinet, se rattacher à une plaque de cuivre AA, fig. 18, longue de 8 pouces, large de 4 pouces et épaisse de trois huitièmes de pouce. Un fil isolé et plus fin *f* part de cette même plaque, va aux appareils et revient se rattacher à une seconde plaque de cuivre BB, placée sous la première et séparée d'elle par une couche isolante. Pour que cet isolement soit complet, les quatre vis V, fig. 19, qui traversent les deux plaques et les fixent contre le mur passent dans des cylindres d'ivoire; enfin un fil plus gros F′, fixé aussi à la plaque BB, va plonger dans la terre, enveloppé de gutta-percha, pour se rattacher plus tard au poteau suivant. Le courant de la pile, dont la tension n'est pas très-forte, arrive par le fil F et passe dans la plaque A, entre dans le fil *f*, traverse l'appareil télégraphique, va par *f*′ dans la plaque B et sort par F′. L'électricité atmosphérique, au contraire, dont la tension est très-grande, saute de la plaque A sur la plaque B et reprend tout de suite le fil conducteur principal F′, sans circuler dans les appareils. Il semblerait plus naturel de donner à ce parafoudre la forme suivante, fig. 20 : A, B sont deux plaques, ou mieux deux cylindres terminés en pointe et aussi rapprochés qu'il est possible l'un de l'autre : F est le fil venant de la première station, *f* le fil allant aux appareils et revenant par *f*′ à la plaque B, F′ le fil allant à la seconde station, etc. Le courant suit nécessairement la route F*ff*′F′, tandis que l'électricité atmosphérique passe directement par les pointes du cylindre A au cylindre B. Il semble résulter de plusieurs expériences de cabinet, comme aussi des faits observés sur la ligne télégraphique pendant les orages, que le parafoudre à plaque l'emporte beaucoup sur le parafoudre à pointes. Les très-fortes décharges ont quelquefois fondu l'un des fils *f*, *f*′, mais l'appareil n'a jamais été endommagé. Un appareil à pointes, analogue à celui que nous venons de décrire, n'a pas réussi en France.

## APPAREILS SERVANT A LA CONFECTION ET A L'ESSAI DES FILS EN GUTTA-PERCHA.

La gutta-percha est une substance solide à la température ordinaire, et semblable au caoutchouc. On la râpe d'abord, et on la fait tremper dans de l'eau chaude pour la laver et en séparer le sable, le charbon

et les autres matières impures qu'elle renferme ; on la fait passer ensuite entre des cylindres ou laminoirs à surface hérissée de pointes qui la divisent, et de là entre des rouleaux chauffés au moyen de noyaux en fer brûlant, lesquels la transforment en une sorte d'étoffe très-mince contenant encore des matières étrangères : pour la purifier complétement et lui enlever toute l'eau qu'elle renferme, on la fait passer entre de nouveaux rouleaux aussi chauffés qu'ils peuvent l'être sans que la gomme s'y attache ; et on la laisse ainsi circuler entre les rouleaux jusqu'à ce qu'elle ait pris une teinte très-uniforme chocolat ou châtain. Pendant qu'elle est encore chaude on la coupe en bandes ou tresses pesant environ huit livres, très-amollies et mieux préparées à se mêler avec trois ou cinq pour cent de fleur de soufre. Dans un laminage subséquent on ajoute donc peu à peu de la fleur de soufre à demi-fondue à la matière primitive molle ; le soufre, sous l'action des rouleaux, s'étend uniformément sur la gutta-percha. Les bandes résultant de cette nouvelle opération sont placées dans un générateur à haute pression et soumises à la température correspondante à 8 atmosphères ; sous cette température et sous cette pression le soufre s'unit intimement à la gutta-percha, qui prend un autre aspect et une autre teinte gris-brun ; elle a perdu ainsi toute l'eau intérieure qu'elle renfermait. On fait arriver alors, au moyen d'un ventilateur un courant d'air chaud qui chasse les vapeurs d'eau et d'acide sulfureux.

La masse de gutta-percha ainsi mélangée au soufre, ou vulcanisée, passe dans l'appareil, fig. 21, destiné à donner aux fils leur enveloppe isolante. C'est un très-fort cylindre C horizontal, de 8 pieds de long, de 8 pouces de large ; un puissant refouloir à vis entre dans ce cylindre sous l'action d'une force de dix chevaux : à la partie antérieure du cylindre se trouve une sorte de tête de bélier très-massive avec 6 ou 9 orifices, et d'où sortent autant de fils revêtus de gutta-percha. La masse à demi fluide arrivant du cylindre C sous une pression énorme ne peut s'échapper que par l'espace conique EE, les fils sont amenés dans ce même espace à travers une forte pièce de bois : forcée de sortir avec le fil par un des orifices, et pressée violemment contre lui en l'enveloppant de toutes parts, la gutta-percha se moule sur lui et le recouvre. Il ne doit sortir par seconde qu'un pied de fil, et la température ne doit pas être trop élevée, sans cela la couche de gutta-percha ne serait ni assez épaisse ni assez dure. On juge que la température est trop élevée à l'aspect extérieur de la couche qui n'est plus polie,

mais ondulée et inégale, comme une pâte molle sous une forte pression. En remplissant le cylindre il faut prendre de très-grandes précautions pour en expulser tout l'air, dont la présence nuirait beaucoup à la marche de l'opération; chaque bulle d'air ou sort par les orifices en éclatant avec grand bruit, ou s'échappe par les issues inférieures qui donnent accès aux fils. On place les fils enduits d'abord sur des éponges humides pour les refroidir, puis entre des draps de coton pour les sécher, et dès qu'ils ont acquis quelque solidité on les enroule sur un premier dévidoir, d'où ils passent sur un autre, après avoir été séparés s'il est nécessaire.

Voici comment on procède à l'épreuve qui doit constater le parfait isolement des fils. Le dévidoir D, fig. 22, porte un anneau A de plomb qui communique métalliquement d'une part avec l'extrémité du fil enroulé, d'autre part avec le pôle zinc d'un élément ou pile de Bunsen P. Un fil conducteur F part du pôle cuivre de ce même élément et se lie au premier bout du fil d'un électro-aimant E, le second bout communique par l'armature, lorsqu'elle n'est pas attirée, et par un fil conducteur que l'armature touche alors, avec une plaque $p$ terminée par un fil conducteur $f$ qui aboutit à une autre plaque $p'$ plongée dans le vase $v$; une troisième plaque $p''$ plonge dans le même liquide et communique, par un fil $f''$, à la plaque $p'''$ plongée dans un vase ou cuve plus grande V. La seconde extrémité du fil enroulé sur le dévidoir vient à la cuve V, passe sous une poulie G et va s'enrouler sur un second dévidoir. Aussi longtemps que le fil est isolé, qu'il n'y a pas de solution dans la couche de gutta-percha, le circuit de la pile P n'est pas fermé. Si, au contraire, il y a dans le fil, au sein de la cuve V, une solution de continuité, le circuit est fermé, l'armature cède à l'attraction de l'électro-aimant et ne touche plus la plaque $p$, le circuit est de nouveau interrompu, etc., etc. Pendant ce temps-là un ouvrier qui a toujours les doigts plongés dans l'eau du vase $v$, éprouve à chaque fermeture et à chaque interruption du courant une série de petites commotions qui lui signalent la lésion du fil, il la cherche avec soin et la répare.

Cette première épreuve est suivie d'une autre qui s'étend à la longueur totale du fil conducteur. On emploie cette fois une pile de Daniel ou de Bunsen de six éléments, P fig. 23. C est un commutateur au moyen duquel on puisse intervertir à chaque instant la marche du courant dans le fil; en T est une boussole des tangentes ou des sinus

pour mesurer l'intensité du courant, en A une aiguille de balance galvanique à torsion avec un multiplicateur de 800 tours. Le rouleau de fil à éprouver est placé en F et plonge tout entier dans l'eau ; ses extrémités aboutissent en E, E′, tandis que les extrémités du conducteur de la boussole des tangentes viennent en *e*, *e′*, et celles du multiplicateur en *E*, *E′*. E communique avec *e′* par un fil conducteur, *e* avec l'un des pôles de la pile, E avec l'autre pôle, *e′* enfin par un fil avec une plaque plongeant dans le même liquide que le fil à éprouver. Si l'on veut rendre manifestes les lésions du fil, on unit par un fil *e′* avec *e*, la boussole des tangentes est hors du circuit, et si alors en effet il y a une lésion en L, le circuit, d'abord ouvert, se trouve fermé, le courant suit, par exemple, la direction +, C, E, L, *p*, *E′*, *E*, *e′*, *e*, +, et fait dévier l'aiguille du multiplicateur ou de la balance galvanique à torsion. On peut augmenter la déviation en renversant le commutateur au moment où l'aiguille tend à revenir à la position d'équilibre ; et par l'amplitude de cette déviation on peut estimer l'intensité du courant dérivé par la lésion L.

S'il s'agit, au contraire, d'éprouver la conductibilité du fil, on supprime les liaisons entre la plaque *p* et *E′* d'une part, entre *e′* et *e* de l'autre, et on l'établit entre *E′* et *E* ; c'est alors la boussole qui entre dans le circuit, et la balance de torsion qui en sort. Le courant est fermé et prend la direction +, C, *e*, *e′*, *E*, *E′*, E, E′, C, +. L'aiguille de la boussole indique une déviation dans un certain sens ; en renversant le commutateur la déviation a lieu en sens contraire ; l'ensemble des deux forme une déviation double, dont la tangente donne l'intensité du courant. Maintenant en liant par un fil E avec E′, et mettant le rouleau de fil en dehors du circuit, on obtient une autre déviation dont la tangente mesure la nouvelle intensité du courant. De la différence de ces deux tangentes on déduit la déviation correspondante à la résistance du fil enduit de gutta-percha. Comme on connaît le diamètre et la longueur de ce fil, on sait *à priori* ce que devrait être cette résistance dans le cas d'un isolement parfait ; en comparant la résistance donnée par l'expérience avec la résistance théorique, on saura de combien l'intensité du courant est diminuée par l'imperfection de l'isolement, et l'on acceptera ou rejettera le rouleau de fil suivant que la perte du courant sera ou ne sera pas comprise entre les limites fixées par les règlements. On n'accepte pas en Prusse un fil enduit de gutta-percha qui, sur une longueur d'un mille, laisserait perdre un

quart pour cent ou un deux cent cinquantième du courant ; dès que cette perte est constatée, on le renvoie à la fabrique pour qu'il soit enduit de nouveau et soumis à de nouvelles épreuves.

## CHAPITRE II.

### Appareils de télégraphie historiques.

Nous donnerons le nom d'appareils historiques aux télégraphes électriques, dont il est bon de conserver le souvenir, mais qui ne sont pas devenus ou ne sont pas restés des appareils usuels.

### TÉLÉGRAPHE DE M. RONALDS, CONÇU EN 1815, EXÉCUTÉ ET DÉCRIT EN 1823.

On ouvrit dans un jardin une tranchée longue de cinq cents pieds. On posa au fond de la cavité une auge en bois de deux pouces en carré, bien revêtue à l'intérieur et à l'extérieur de couches de poix. Cette auge renfermait une série de tubes de verre épais, dans lesquels serpentait le conducteur en métal. Les tubes, au lieu d'être en contact immédiat, étaient séparés par d'autres tubes plus courts, d'un diamètre plus large, dans lesquels leurs extrémités s'engageaient, entourées de cire molle pour fermer tout accès à l'humidité. On avait soin aussi de conserver entre les tubes un petit espace pour laisser le jeu nécessaire aux dilatations et aux contractions produites par les variations de température : dans une première expérience, les tubes unis par un mastic dur se brisèrent. L'auge fut ensuite recouverte avec des pièces de bois vissées sur elle pendant que la poix était encore liquide, et on recouvrit le tout d'une nouvelle couche d'enduit.

Une plaque circulaire et légère de cuivre, planche V, fig. 24, divisée en vingt parties égales, était fixée sur l'arbre des secondes d'une horloge dont le pendule battait les secondes. Chacune des divisions était marquée par une figure, une lettre ou un signal préparatoire. Les figures étaient divisées en deux séries de 1 à 10, et les lettres

étaient rangées dans l'ordre alphabétique, en omettant J, Q, V, W, X et Z. Devant ou sur le disque, on plaçait une autre plaque de cuivre fig. 25 susceptible d'être mise occasionnellement en mouvement au moyen de la manivelle attachée à son centre, et munie d'une ouverture de dimensions telles, que, pendant que le premier disque tournait, mu par l'horloge, on ne pût voir à la fois qu'un seul des chiffres, lettres ou signaux préparatoires : par exemple, le chiffre 9, la lettre V et le signe *Ready*, sont seuls visibles à travers l'ouverture. En avant de cette double plaque, un électromètre de Canton, à balle de sureau, était suspendu à l'extrémité de fils isolés, et communiquait d'une part avec le cylindre d'une machine électrique de six pouces de diamètre, de l'autre avec le fil enfoui dans le sol du jardin et isolé par les tubes en verre.

Un autre électromètre semblable était suspendu de la même manière devant une autre horloge pourvue à son tour des mêmes plaques de cuivre, et mise en communication avec une machine électrique : la seconde horloge et la seconde machine étaient placées à l'autre extrémité du fil enfoui ; et l'on devait amener, autant que possible, les deux horloges à un état de synchronisme parfait.

Il est maintenant évident : 1° que, si le fil est chargé d'électricité à une de ses extrémités, sous l'influence de la machine, les deux électromètres divergeront aux deux extrémités, et que, si on le décharge soudainement à l'une des stations, les deux électromètres retomberont à la fois au même moment ; 2° que, si la décharge a lieu à l'instant où une lettre, un chiffre, un signal donné apparaissent devant l'ouverture sur le cadran d'une des horloges, la même lettre, la même figure, le même signal se montrent sur l'autre cadran ; et par conséquent, 3° que, si l'un des stationnaires, venant à décharger le fil au moment où la lettre, la figure, le signal qu'il veut transmettre se montrent devant l'ouverture, avertit par la chute de l'électromètre le second stationnaire de regarder quel signe apparaît à l'ouverture de la seconde horloge, il lui aura par là même transmis ce signal.

M. Ronalds ajoutait qu'au moyen d'un dictionnaire télégraphique on pourrait, par une seule décharge, transmettre un mot, une phrase entière : il estimait en moyenne à cinquante secondes le temps nécessaire à la production du signal.

L'idée de maintenir les électromètres à l'état de tension ou d'é-

cart, et de se servir de leur retour à la verticale par la décharge de la machine, pour exciter l'attention du correspondant, est éminemment ingénieuse. M. Ronalds aurait complétement résolu le problème de la télégraphie, s'il n'avait pas rencontré sur sa route deux obstacles insurmontables; la difficulté d'établir entre les deux horloges le synchronisme absolument nécessaire, et l'impossibilité d'isoler suffisamment les fils qui doivent conduire l'électricité ordinaire ou de tension.

Rappelons en passant que Reisser avait proposé de substituer aux électroscopes vingt-six carreaux étincelants, sur lesquels l'électricité aurait dessiné les lettres de l'alphabet, ainsi que le représente la figure 26.

## TÉLÉGRAPHE ÉLECTRO-CHIMIQUE DE SOEMMERING.

Ce télégraphe est la première solution complète du magnifique problème de la transmission des dépêches au moyen de l'électricité: nous reproduisons, presque dans son entier, la curieuse notice et les ingénieux dessins publiés en 1812 par l'illustre physicien bavarois. Au point de vue de la théorie et de l'abstraction, cette belle invention ne laissait rien à désirer; il n'en est point de même au point de vue pratique : mais tous étudieront avec plaisir ce plan, premier effort de la science, premier élan du génie.

L'appareil est représenté en perspective, planche V, fig. 27, n° 1, 2 et 3. Les fig. 2 et 3 *bis* représentent les pièces 2 et 3 vues de profil. Les pièces 1 et 2 sont toujours l'une auprès de l'autre; mais les pièces 2 et 3 peuvent être séparées, en quelque sorte indéfiniment, et par toute la distance que peut exiger l'usage télégraphique, pourvu que leur communication électrique soit conservée ainsi qu'on le verra ci-après. Nous indiquerons d'abord sommairement l'usage et le jeu des parties représentées sous chacun des trois chiffres, et nous reviendrons ensuite aux détails qui concernent chacune d'elles.

On voit dans la figure sous le n° 1 une pile voltaïque ordinaire : une dizaine de disques de zinc et argent peuvent suffire : on l'établit en commençant par le zinc, puis un feutre humecté, et l'argent. Ainsi le pôle qui donne l'hydrogène, dans la décomposition de l'eau, se trouve en bas, et le pôle de l'oxygène en haut.

De ces deux pôles partent respectivement deux fils conducteurs, de métal souple, terminés chacun par une petite cheville de laiton épatée en haut pour donner de la prise aux doigts. Ces chevilles sont destinées à être implantées à volonté dans l'un quelconque des vingt-sept trous pratiqués verticalement vers l'extrémité d'un pareil nombre de petits cylindres de laiton rangés horizontalement à côté les uns des autres, sans se toucher, le long de la traverse supérieure de la pièce, numéro 2. Chacun de ces cylindres correspond à une lettre de l'alphabet de A jusqu'à Z; et il y a de plus deux signes additionnels qui contribuent à la précision du langage télégraphique; ce qui complète le nombre de vingt-sept. Le trou du cylindre et la cheville qui doit y entrer occasionnellement sont légèrement coniques, afin que le contact réciproque soit plus parfait et toujours sûr. Chacun de ces cylindres traverse dans toute son épaisseur la pièce horizontale qui les porte tous; et il est percé à son extrémité opposée à celle qui reçoit la cheville (celle qu'on ne voit pas dans la figure) d'un petit trou transversal dans lequel on passe, et on tord ensuite l'extrémité d'un fil conducteur. On voit, dans la figure, ces fils converger en un faisceau dont la longueur peut être indéfinie, c'est-à-dire égale à la distance qui sépare la personne qui écrit télégraphiquement de celle qui doit lire. C'est l'appareil de lecture et celui d'avertissement qui sont représentés sous le numéro 3. On voit là les fils conducteurs de l'influence galvanique se séparer de nouveau et se distribuer respectivement à l'extrémité inférieure de vingt-sept pointes métaliques, rangées le long du fond d'une auge de verre bien transparent *a a*, et qu'on voit ressortir dans son intérieur. Chacune de ces pointes répond à une lettre de l'alphabet respectivement correspondante à celle que porte chacun des cylindres; en sorte que le système des signes est absolument le même dans la pièce n° 2 et dans la pièce n° 3. L'auge est remplie d'eau ordinaire.

Avant de décrire le mécanisme qui produit l'éveil ou l'avertissement, nous allons indiquer le procédé télégraphique. L'écrivain est à l'appareil n° 1 et 2, et le lecteur à l'appareil n° 3.

Supposons que l'écrivain a planté la cheville qui appartient au pôle hydrogène ou inférieur de la pile dans le trou du cylindre F; et celle du fil oxygène ou supérieur dans le trou du cylindre R. De ce moment, un circuit voltaïque complet est établi d'un pôle à l'autre par l'extérieur de la pile. Le fil hydrogène conduit l'influence électrique

jusqu'à la pointe F dans l'auge; le fil oxygène conduit cette même influence jusqu'à la pointe R dans la même auge; et la décomposition de l'eau a lieu, au bout de quelques secondes : à l'extrémité de chacune de ces deux pointes, on voit paraître un filet de gaz hydrogène partant de la pointe F, et un filet moindre de gaz oxygène à la pointe R. L'oxygène se distingue encore par un autre caractère : il s'entasse en petites bulles qui restent, en partie, adhérentes à la pointe qui le fournit, et qu'il faut même avoir la précaution de dégager avec un pinceau lorsqu'on doit revenir à la même lettre. Le lecteur prend note à mesure des lettres qui appartiennent aux deux pointes qui ont fourni les deux gaz, c'est-à-dire F et R.

L'écrivain enlève la cheville du cylindre F, et la met au cylindre A. Le lecteur voit le courant d'hydrogène cesser en F, et paraître en A; il écrit A. L'écrivain a mis ensuite la cheville qui était en R en N; le lecteur voit la pointe N se garnir de bulles; il écrit N. Bientôt le courant d'hydrogène cesse en A, et commence en C; on écrit C. Enfin celui d'oxygène cesse en N, et commence en F; ainsi le lecteur se trouve avoir écrit le mot *France*, d'après les indications fournies à grande distance par l'écrivain. Une des pointes et un des cylindres sont désignés, non par une lettre, mais par un point : l'hydrogène sortant de celle-là indique la fin d'un mot. Il y a aussi un signe qui annonce que la même lettre est redoublée, dans les cas où l'orthographe l'exige. On est étonné de la rapidité avec laquelle ces communications s'établissent, sans qu'il y ait lieu à aucune incertitude ni équivoque.

Nous passons maintenant au mécanisme de l'avertissement destiné à annoncer, par une sorte de réveil, que l'appareil va fonctionner. Ce procédé est on ne peut plus ingénieux. On voit dans l'auge un levier coudé $lol'$ à double équerre; son point d'appui est en $o$, et la potence qui le supporte est fixée par une vis de pression sur le bord supérieur de l'auge. Ce levier représente le fléau très-léger et très-mobile d'une balance. Le bras horizontal inférieur $l$ porte à son extrémité $l$ un épatement en forme de cuiller renversée, c'est-à-dire dont la concavité est en dessous. Le bras supérieur $l'$ porte en $l'$ une petite boule de métal $b$ percée d'un trou, et qui s'enfile très-librement sur ce bras; on l'arrête par un léger tâtonnement vers le coude supérieur du levier, à l'endroit où il faut qu'elle soit, pour qu'une très-légère prépondérance, du côté $l'$, tende à maintenir le fléau

dans la situation représentée dans la figure. On sait d'avance quelles sont les deux pointes voisines l'une de l'autre qui se trouvent répondre à la cavité de la cuiller *l*. C'est aux deux cylindres correspondant à ces deux pointes que celui qui veut avertir qu'il va écrire plante ses deux chevilles. A l'instant les gaz hydrogène et oxygène se dégagent, et montent en deux filets voisins dans la concavité de la cuiller qui les intercepte, et qu'ils remplissent.

Au bout d'environ une demi-minute, les bulles de gaz réunies dans la cuiller l'allégent si efficacement qu'elles la soulèvent; le bras *l* s'élève autour du point *o;* le bras *l'* s'abaisse; la boule *b* glisse par l'effet de cette inclinaison; elle tombe dans un entonnoir *e*, et de là dans une capsule qui termine la détente d'une petite horloge à réveil mise ainsi en action. Le lecteur, averti par la sonnerie, commence alors ses observations.

Il nous reste à revenir sur quelques détails de construction ou de manipulation dans les diverses parties de cet appareil, dont nous supposons que la description qui précède à dû faire saisir le jeu.

L'auteur a fait usage de la pile à colonnes de Volta, formée de dix plaques d'argent et de dix plaques zinc. C'était l'enfance de l'art : cette pile avait cependant quelque énergie; sept disques donnaient déjà une étincelle, et décomposaient l'eau assez rapidement.

C'était un problème assez difficile, en apparence, que de conduire l'étincelle électrique individuelle de chacun des cylindres à chacune des pointes homonymes de l'auge, sans confusion; alors même que les fils conducteurs étaient réunis en faisceau dans la plus grande partie du trajet d'une étendue indéfinie. L'auteur y parvint de deux manières : il entoura d'abord les fils conducteurs de soie, comme les grosses cordes à boyau des instruments à archet le sont de fil de laiton blanchi : il passait un vernis sur cette soie, et réunissait tous les fils en un faisceau qu'on vernissait aussi : l'isolement de chacun des fils était complet, on pouvait plonger impunément le faisceau dans l'eau pendant une partie de son trajet. Un second procédé plus simple, et non moins efficace, consiste à enduire chaque fil d'un vernis isolant et souple, et à les réunir en un faisceau qu'on revernit encore. Quant à la distance absolue à laquelle pouvait atteindre l'influence électrique, l'auteur affirme qu'il n'a pu apercevoir aucune différence dans la promptitude de l'opération, que les fils n'eussent que deux pieds, ou une longueur onze cent fois plus considérable. Il signale avec bonheur l'analogie

frappante qui existe entre son faisceau de fils et le système nerveux : ce faisceau est susceptible de cinquante-quatre actions différentes, dont vingt-sept peuvent avoir lieu en même temps, et même en sens opposé.

M. Sœmmering a trouvé aussi que l'or était préférable à tout autre métal, même au platine, pour former les pointes dont le fond de l'auge est garni. Le rapport entre les quantités des deux gaz, respectivement dégagés par des fils d'or et de platine de mêmes dimensions, était 1/2 pour le platine, 1/3 pour l'or : avec l'or donc la différence sera la plus grande possible, et les signaux transmis seront plus faciles à distinguer. La grosseur des pointes ne doit pas dépasser 1/3 de ligne. La distance des pointes n'influait pas sensiblement sur le plus ou le moins de promptitude avec laquelle le dégagement du gaz commençait : la quantité de gaz produite était seule modifiée par la distance. M. Sœmmering remarque toutefois, sans pouvoir indiquer la cause de ce phénomène, que lorsqu'on faisait partir les deux courants de deux pointes voisines, par exemple, A et B, le courant ascendant d'hydrogène montait toujours verticalement, mais que celui d'oxygène s'inclinait vers son voisin.

A ces détails sur chacune des parties de l'appareil il reste peu de chose à ajouter sur le procédé télégraphique proprement dit : le gaz hydrogène, se montrant plus abondamment dans l'auge, doit être employé, de préférence, comme lettre première ou précédente ; on divise par couples toutes les lettres d'un mot ; pour les lettres doubles, on a un signe particulier, à moins que la division naturelle des syllabes ne dispense de l'employer ; enfin, pour indiquer qu'un mot est terminé, on a le signe du point.

## TÉLÉGRAPHE DE GAUSS ET DE WEBER (1834).

L'appareil moteur était une machine électro-magnétique munie d'un commutateur à l'aide duquel on dirigeait le courant dans un sens ou dans l'autre. Les fig. 1 et 2, planche VI, donneront une idée de la manière dont on percevait les signaux : *aa* est une vue latérale du multiplicateur composé de 3,000 pieds de fils, et posé sur une table B; *n s* est le barreau aimanté auquel est fixée une tige verticale C, traversée à angle droit par une barre qui porte d'un côté le miroir H, de l'autre une boule métallique I servant de contre-poids au miroir; P et

N sont les extrémités du fil du multiplicateur mis en communication avec les pôles de la pile. En face de l'électro-aimant se trouve une lunette D portée sur un pied G : sur le même pied on fixe encore un châssis à coulisse E dans laquelle glisse l'échelle divisée F. Le miroir H à angle droit avec le barreau aimanté présente sa face à la lunette D, ainsi qu'à l'échelle E ; il est ajusté de manière que l'échelle puisse être vue très distinctement par réflexion à travers la lunette. Si le barreau tourne vers la droite ou vers la gauche, le miroir tourne en même temps et rend par conséquent mobile l'image de l'échelle. Les chiffres de l'échelle indiquent le sens et l'intensité de la déviation ; le nombre et l'étendue des oscillations que l'on produit en mouvant la manivelle de l'appareil électro-magnétique, et que l'observateur perçoit très-nettement dans la lunette, sont les éléments faciles et suffisants d'une communication télégraphique.

## TÉLÉGRAPHE D'ALEXANDER (1837.)

Le modèle montré par M. Alexander à la Société des arts d'Édimbourg consistait dans une caisse de bois d'environ 5 pieds de long, 5 de large, 3 de profondeur à une extrémité, et 1 à l'autre. 30 fils de cuivre séparés l'un de l'autre s'étendaient dans toute la longueur de la caisse. A la station de départ, ces fils communiquaient à un ensemble de 30 touches formant comme un clavier de piano ; ils aboutissaient à la station de départ à trente petites ouvertures espacées également par bandes sur un écran de 28 centimètres carrés, fig. 3. Sous ces ouvertures à l'extérieur étaient peintes en noir, sur un fond blanc, les vingt-six lettres de l'alphabet, deux points, un point et virgule, un point et un astérisque, les mêmes caractères, en un mot, déjà peints sur les touches.

L'appareil moteur se composait d'une pile ordinaire, puis de trente aimants, placés, comme dans un galvanomètre, entre les sinuosités des fils conducteurs à la station d'arrivée. Chaque lettre avait ainsi son aimant portant sur son pôle nord un petit écran ou carré de papier mobile qui, dans l'état de repos, cachait la lettre. Si l'on appuyait sur l'une quelconque des touches, le courant était établi, l'aimant correspondant de la station d'arrivée se plaçait à angle droit entraînant avec lui l'écran et laissant voir la lettre. Si, par exemple, l'on appuyait sur la touche F, le courant traversait la batterie, le fil *f*, la touche,

le fil conducteur marqué par la flèche, le fil correspondant de la station d'arrivée et les tours du multiplicateur, pour revenir à la pile; l'aimant dévié mettait à nu la lettre F.

### TÉLÉGRAPHE GRAPHIQUE ET PHONÉTIQUE DE M. STEINHEIL (1838).

M. Steinheil préférait aux piles les machines électro-magnétiques; les courants nés de la pile sont, disait-il, peu aptes à s'élancer à de grandes distances. Son appareil producteur du courant était une modification appropriée de l'appareil de Clarke, que nous avons décrit ailleurs; il nous suffira de bien faire connaître la disposition de ses inducteurs, l'installation de son télégraphe et son mode particulier d'action.

*Du producteur des signaux.* — Le problème consiste en ceci : utiliser le courant galvanique, qui a été produit par l'inducteur et transmis ensuite par la chaîne conductrice, de telle sorte qu'il dévie, d'après la découverte de OErstedt, les barreaux magnétiques bien suspendus. Les déviations doivent être les plus rapides et les plus fortes possibles, si l'on veut produire les signaux sans perte de temps, les uns après les autres : il faut donc que les dimensions des aimants magnétiques, dont on veut produire la déviation, soient convenablement choisies : il ne faut pas qu'elles soient trop petites, sans quoi la force mécanique qui résulte de la déviation devient trop faible pour pouvoir produire la résonnance immédiate des timbres. On sait, d'ailleurs que, la production du courant restant la même, les déviations des aimants sont d'autant plus fortes que le nombre des circonvolutions du fil est plus grand, ou que le fil a été plus souvent replié sur lui-même dans le sens de l'aimant. La grandeur du diamètre de chaque circonvolution exerce son influence seulement en tant qu'elle augmente la longueur totale du fil ou circuit formé. Cela posé, l'indicateur des signaux est un multiplicateur interposé par ces deux extrémités dans la chaîne conductrice, et renfermant dans son intérieur le barreau magnétique qu'il s'agit de dévier. Il importe de ne pas oublier que la résistance du circuit entier s'accroît d'autant plus que le fil multiplicateur est plus mince, que les circonvolutions sont plus grandes, et que leur nombre est plus considérable.

Les fig. 4 et 5, planche VI, représentent un semblable indicateur dans ses coupes horizontale et verticale : il comprend deux aimants,

tournant autour d'axes verticaux, et qui sont destinés tant à frapper sur des timbres qu'à fixer sur le papier une écriture composée de points. Sur les côtés du multiplicateur, formés de lames de laiton soudées, fig. 5, on a ménagé deux petites ouvertures destinées à recevoir et faire tourner librement les axes des deux aimants. Ces ouvertures reçoivent en haut et en bas quatre vis qui servent de coussinets aux axes. A l'aide de ces vis, on peut placer les aimants de façon que leurs mouvements soient libres et faciles. Entre les joues du multiplicateur sont placées 600 circonvolutions d'un même fil de cuivre isolé, qui forme l'indicateur. Le commencement et la fin de ce fil sont représentés fig. 4, en M M. On voit par la figure 5 que les aimants au sein des couches du multiplicateur sont disposés tellement, que le pôle nord de l'un est rapproché du pôle sud de l'autre.

A ces deux extrémités qui, à cause de leur répulsion mutuelle, ne peuvent pas se rapprocher davantage l'une de l'autre, on a vissé deux petits bras grêles de laiton munis de petits récipients, fig. 4 et 5. A ces récipients, destinés à recevoir de l'encre grasse noire, sont adaptés de petits bras arrondis en avant et perforés très-finement : l'encre huileuse, qui a pénétré dans les récipients, cédant à l'attraction capillaire, sort à travers le trou des bras, et forme à leurs ouvertures, sans s'écouler, des élévations semi-globuleuses; et le contact le plus léger suffit alors pour fixer un point noir. Quand le courant galvanique traverse le fil multiplicateur de cet indicateur, alors les deux aimants tendent à tourner dans le même sens, autour de leur axe vertical : un des petits récipients à encre sortirait ainsi d'entre les joues du multiplicateur, tandis que l'autre rentrerait. Pour empêcher cette rentrée, deux lames, opposées l'une à l'autre, ont été fixées dans l'intervalle où s'exécutent les oscillations des aimants; les secondes extrémités des barreaux, fig. 5, viennent donc s'appuyer contre les lames, et il en résulte qu'un seul des récipients peut sortir du multiplicateur, tandis que l'autre reste en repos. Pour ramener rapidement les aimants dans leur position primitive, après que la force qui les déviait a cessé, on se sert de deux petits aimants isolés, N′, S′, dont la distance et la disposition doivent être convenablement déterminées dans chaque cas particulier par des expériences préliminaires, parce qu'elles dépendent de l'intensité du courant produit.

Si l'on voulait se servir de cet appareil pour produire, à l'aide de corps sonores, des sons perceptibles et faciles à distinguer, on

ferait choix de timbres d'horloge ou de cloches de verre, qui résonnent sans peine, et dont les sons diffèrent à peu près d'une sexte. Cet intervalle des sons n'est nullement indifférent : on distingue plus facilement la sexte que tout autre intervalle; la quinte ou l'octave se confondent plus facilement avec le son fondamental pour des oreilles moins exercées.

On fixe les timbres sur de petites colonnes à soubassement, placées vis-à-vis des barreaux opposés : on règle à l'avance leur position et les distances des aimants qui doivent les frapper au point le plus favorable à la résonnance : il faut qu'elles ne soient pas trop près des marteaux, pour ne pas produire des sons prolongés. Mais tout cela se détermine à l'aide de quelques tâtonnements faciles.

Veut-on que les indicateurs écrivent? alors on fait passer, avec une vitesse uniforme, une surface de papier devant leurs bras. Pour cela, la meilleure chose à faire est de choisir de larges bandes de papier mécanique que l'on enroule sur un cylindre, et que l'on découpe autour en petites bandes étroites. Chacune des feuilles de papier, en se déroulant du cylindre, passe devant les petits encriers; et il faut faire en sorte que leur mouvement se prolonge horizontalement, pendant un certain trajet, pour que les traces des points soient mieux dessinées, et que le papier puisse s'enrouler de nouveau sur un deuxième cylindre. Ce deuxième cylindre est mis en mouvement par une horloge, réglée elle-même par les oscillations d'un pendule alternatif. Tout cet ensemble est représenté, pl. VI, fig. 6, par une coupe longitudinale; il est vu d'en haut dans la fig. 7. Le tambour sur lequel la bande s'avance est porté sur deux cylindres mobiles autour de leurs pointes, pour diminuer le frottement : on peut, d'ailleurs, l'écarter plus ou moins des aimants; ici encore l'expérience indiquera la situation la plus avantageuse.

Il est évident que les mêmes aimants ne peuvent pas frapper en même temps les timbres et écrire, attendu qu'une seule de ces opérations épuise leur petite force. Pour produire ces deux effets à la fois, il suffit de mettre en communication avec le courant un second appareil producteur des signaux; et même généralement, en augmentant le nombre des appareils, on pourra renforcer à volonté le son des cloches; cette multiplication toutefois entraînera toujours un accroissement de résistance dans le circuit, et ne pourra par conséquent pas être indéfinie. Pour que cette résistance soit aussi pe-

tite que possible, il sera bon, dans le cas où l'on multiplierait les producteurs de signaux, de les construire avec de gros fils, ou même avec des lames de cuivre.

*Disposition des appareils.* — La figure 6 représente la coupe longitudinale, et une vue prise d'en haut, du support pyramidal, placé sur le plancher de la chambre où se trouvent tous les appareils. Le fil conducteur de Bogenhausen, celui de Lerchen-Strasse, les extrémités du producteur des signaux et des fils conducteurs partant des deux vases à mercure de l'indicateur, par conséquent aussi les extrémités du multiplicateur aboutissent ensemble au milieu de la table, comme le montre la figure 7. Ils plongent dans huit cavités remplies de mercure. Ces cavités sont percées dans un cylindre de bois. C'est de la communication établie entre ces huit cavités que dépend la direction suivant laquelle le courant se propagera et les stations communiqueront entre elles.....

Il ne reste plus qu'à ajouter quelques mots sur la manière de se servir de l'appareil pour transmettre les communications télégraphiques.

Par ce que nous venons d'exposer, on voit que, toutes les fois que le balancier fait un demi-mouvement de la droite vers la gauche, un des producteurs de signaux est dévié : on a réuni les extrémités des fils conducteurs, de telle sorte que, dans le premier mouvement, ce soit le timbre le plus aigu de chaque station qui soit frappé; si l'on place le rouleau devant l'indicateur, alors l'encrier du côté BB′, fig. 7, marque un point sur la bande de papier mise en mouvement : les intervalles de temps après lesquels se répète cette figure sont exprimés par les distances mutuelles des points dont l'ensemble dessine une ligne droite sur le papier. Si l'on tourne, au contraire, de gauche à droite, on fait sonner les timbres graves, et le deuxième encrier marque alors un point sur la bande de papier mobile, ce point n'est plus sur la même ligne que le premier, il est plus bas. Les sons aigus et graves sont donc écrits sur la bande de papier comme des notes de musique par un point *haut*, ou par un point *bas*. Pendant aussi longtemps que les intervalles de temps entre les signes restent les mêmes, il se forme un groupe coordonné, tant pour les sons que dans l'écriture qui les représente. Une pose plus longue sépare nettement les divers groupes.

On arrive de cette manière à avoir des groupes ou des combi-

naisons bien choisies, et propres à représenter les diverses lettres de l'alphabet ; ou un ensemble complet de signes sténographiques, à l'aide desquels les dépêches se transmettront à tous les points du circuit munis d'appareils semblables à ceux que nous avons décrits. Dans l'alphabet que M. Steinheil a choisi, les lettres qui, dans la langue allemande, sont les plus fréquentes, correspondent aux signes les plus simples.

M. Steinheil s'est arrangé de manière à établir une sorte de similitude entre les lettres latines et les groupes des signes, afin qu'ils se fixent mieux dans la mémoire. La distribution des lettres et des chiffres en groupes, qui renferment jusqu'à quatre points, s'explique par la fig. 8, même planche.

### TÉLÉGRAPHE A CINQ AIGUILLES DE M. WHEATSTONE.

Il est représenté planche VI, fig. 9 : on comprendra facilement, sans qu'il soit besoin d'entrer dans aucun détail, la disposition générale et les détails de cet instrument, le premier de ceux inventés par M. Wheatstone, et que nous avons vu fonctionner à Paris au commencement de 1840. Il se compose essentiellement d'une pile P, fig. 1, d'un clavier C, fig. 2, de cinq fils conducteurs et de cinq aiguilles indiquant les lettres de l'alphabet par leurs déviations, leurs convergences ou leur parallélisme.

### TÉLÉGRAPHE ÉLECTRO-PHYSIOLOGIQUE DE M. VORSELMAN DE HEER.

Chaque touche est double, fig. 10, de sorte qu'il y a deux claviers placés l'un au-dessus de l'autre. Les deux touches inférieures et supérieures sont unies métalliquement ; mais on peut à volonté abaisser l'une ou l'autre : alors chacune communique avec un vase particulier rempli de mercure. De cette manière, les touches du rang supérieur plongent dans les vases P et N, celles du rang inférieur dans les vases P′ et N′ : les vases N, N′, et P, P′ sont unis métalliquement ; chaque touche est munie d'une bande de cuivre qui, pour pouvoir plonger dans le vase, est recourbée à son extrémité. Dans les touches du rang inférieur, on a ménagé des trous, afin que les touches supérieures les traversant puissent plonger dans les vases P et N : ces derniers sont liés avec les deux pôles de l'appareil électrique. L'observateur, placé à l'autre extrémité de la ligne télégraphique, tient ses dix doigts appuyés sur les dix touches.

On peut sur les touches aux deux extrémités du conducteur écrire les lettres mêmes ou les chiffres qu'il s'agit d'expédier, comme on le voit fig. 11. Si, par exemple, on presse les touches III et VIII, du même rang inférieur, on expédiera la lettre *n* : pour expédier le chiffre 3, on presse en même temps la touche supérieure I et la touche inférieure V ; ou, ce qui revient au même, la touche inférieure I et la touche supérieure V.

On comprend maintenant l'effet complet du mécanisme. L'observateur B a reçu une dépêche, et veut y répondre ; pour cela il tire d'abord ses gants, pendant que l'observateur en A place ses doigts sur les claviers, la correspondance alors s'engage sans difficulté aucune.

## PREMIER TÉLÉGRAPHE IMPRIMANT DE M. BAIN.

La figure 12, planche VI, représente le mécanisme principal, ordinairement enfermé dans une boîte, et placé sur un support commun. Il se compose essentiellement de trois parties : un cylindre A, une roue B, et un rouleau d'impression C : ces trois éléments tournent chacun sur un axe vertical, et leur mouvement est par conséquent horizontal : les autres accessoires ont cependant une importance réelle. Le gros cylindre tourne sur une vis en spirale, qui a pour but de le faire monter en même temps qu'il tourne. De l'axe intérieur du cylindre sort un bras de levier mis en communication par l'intermédiaire d'un rouleau avec un poids qui descend, et qui s'élève en même temps que le cylindre dans le mouvement de rotation de ce dernier : le rouleau d'impression fixé à ce bras participe par suite au mouvement d'ascension du cylindre : la roue B tourne simplement sur elle-même sans s'élever.

Il faut avant tout expliquer les fonctions que ces trois éléments ont à remplir. Le cylindre A, qui s'enlève à volonté, porte à sa surface extérieure le papier sur lequel les lettres doivent s'imprimer ; ce papier est facilement remplacé quand il le faut. La roue B comprise entre le cylindre et le rouleau porte en relief à sa circonférence les lettres de l'alphabet et un point : le rouleau C est recouvert d'encre. Les lettres sont constamment pressées contre le rouleau pendant la rotation de la roue, elles sont donc constamment chargées d'encre et dans l'état voulu pour déposer leur empreinte sur le papier : une seule lettre d'ailleurs s'imprime à la fois, à cause de la forme circulaire et convexe

de la roue. La vis spirale, en faisant monter le cylindre, a pour effet d'amener constamment devant la lettre une surface nouvelle : les lignes successives ne se confondent donc pas, et la dépêche entière écrite est parfaitement distincte sur une bande qui se contourne en hélice : par cette même ascension, le rouleau présente à chaque instant une portion de surface qui n'a pas encore donné son encre.

Il nous reste maintenant à expliquer par quel mécanisme la roue poussée contre le cylindre imprime la lettre placée en regard. Le seul agent de cette pression est l'action électro-magnétique. Le disque métallique circulaire, fig. 13, placé verticalement, et reposant sur un support, porte à son milieu un indicateur mobile I, et dessinées sur sa périphérie les lettres de l'alphabet avec un point. L'indicateur est mis en mouvement par un rouage : une cheville en ivoire arrête à volonté le mouvement, quand on la place dans un trou situé sur le disque entre la première et la dernière lettre. Au-dessous de chaque lettre se trouve sur le disque un creux qui peut recevoir la pointe de la cheville.

Si la personne qui opère veut que l'indicateur s'arrête fixe sur une quelconque des lettres, elle n'a rien de plus à faire que d'enfoncer la pointe de la cheville dans le trou creusé au dessous de cette lettre; l'indicateur alors s'arrête; mais il faut avoir soin de bien appuyer la cheville dans le trou. Il importe de remarquer ce fait capital, que le mouvement de la roue qui porte les lettres, dans l'appareil à imprimer, dépend uniquement du mouvement de l'indicateur sur le disque : de quelle manière cette dépendance a-t-elle été établie? Nous allons le dire.

Au-dessous du support qui porte le disque, se trouve une pile galvanique G, source de l'électricité qu'il s'agit de mettre en jeu. Des pôles de cette pile partent trois fils conducteurs, unis d'abord par un courant métallique avec l'indicateur, et qui, séparés ensuite en D et en E, vont aboutir à des points différents de la machine à imprimer. Deux de ces conducteurs communiquent avec deux électro-aimants EE, fig. 12, destinés à produire les effets de rotation et de pression qu'il faut obtenir; le troisième fil est le fil de retour nécessaire pour fermer le circuit. L'un des électro-aimants détermine les opérations de la roue qui porte les lettres, l'autre agit sur le cylindre.

Le cercle de petits points tracé sur le disque mérite une attention particulière : il se compose de petites chevilles en ivoire, implantées dans le disque en même nombre que les lettres de la circonférence.

Sur l'indicateur se trouve une autre petite cheville en métal, dont la pointe, pendant la rotation de l'indicateur, parcourt en tournant le cercle en question, composé essentiellement de parties tour à tour isolantes et conductrices. Quand la pointe appuie sur l'ivoire, le courant ne passe pas du disque à la machine à imprimer; quand elle s'appuie, au contraire, sur le métal, la communication entre les deux parties de l'appareil est rétablie. Cette fermeture et cette interruption du courant sont précisément ce qui produit les mouvements mécaniques décrits, par l'intermédiaire des électro aimants agissant sur les armatures et sur les roues.

Supposons qu'on veuille imprimer sur le cylindre la lettre O; on retire la cheville en ivoire qui retenait l'indicateur en repos dans une position verticale; celui-ci alors se met en mouvement, en faisant un premier pas de A vers B. Pendant ce déplacement, la cheville en métal a établi, entre le disque et les deux électro-aimants de la machine à imprimer, une communication bientôt interrompue par l'arrivée de la cheville sur une des divisions en ivoire. Considérons cette première pulsation du courant électrique : pendant qu'il a été établi, le courant a communiqué aux électro-aimants un pouvoir attractif qui dure à peu près une seconde : pendant ce temps l'un des électro-aimants a agi sur le cylindre, qui a été entraîné et a tourné quelque peu autour de son axe. L'autre électro-aimant a agi sur la roue aux lettres, laquelle, sous la direction d'un mécanisme excessivement ingénieux, analogue à ceux que nous décrirons plus tard, tourne exactement de la quantité qui sépare la lettre A de la lettre B, de sorte que cette seconde lettre prend la place de la première. Le même mouvement se reproduit peu à peu, de lettre en lettre, jusqu'à ce qu'on ait atteint la lettre O. En d'autres termes, à mesure que l'indicateur va d'une des lettres intermédiaires à l'autre, le courant est autant de fois établi et rompu; et la roue aux lettres, à son tour, avance chaque fois d'un pas : de telle sorte que quand l'indicateur est arrivé à la lettre O, cette même lettre se trouve en face du papier, prête à être pressée contre lui et imprimée. Par cette disposition, en un mot, la même lettre se trouve toujours à la fois en présence de l'indicateur, d'une part, et en présence du papier de l'autre, prête à être appuyée contre lui.

La dernière opération est l'effet d'un instant. Dès que la lettre a pris sa place, une communication s'établit entre la batterie et le second électro-aimant qui agit sur la roue, pourvu qu'on presse un res-

sort placé sur le support du disque : la lettre est alors pressée contre le papier et y laisse sa trace ; les mots sont formés de lettres ; les phrases de mots ; la dépêche est donc ainsi imprimée.

## TÉLÉGRAPHE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE DE M. PALMIÉRI.

Sur une base en bois ou plateau BB, planche VI, fig. 14, est fixé, au moyen d'un support convenable, l'aimant temporaire E, sous lequel, à une petite distance, se trouve l'armure M, formant l'extrémité d'un levier ML, dont l'autre extrémité L porte un pinceau *p*. Chacun comprend que, lorsque l'armure M est attirée par l'aimant temporaire, le pinceau *p* doit s'abaisser. Les deux bouts du fil decuivre qui entoure l'aimant sont fixés en *f* et en *f''*. Un conducteur part de *f''*, et, se contournant sur le plateau, vient se terminer en C, au pied d'une petite colonne en métal qui s'élève sur ce point.

Un mécanisme d'horlogerie placé en H et mû par le poids P fait tourner sur l'axe AA'' les deux cylindres ou tambours T et T' ; le premier des tambours est en métal et porte une cannelure en hélice à sa superficie ; le second est en bois et porte une feuille de papier roulée sur sa surface extérieure. Sur la face antérieure de ce second cylindre est tracé un cadran portant les lettres de l'alphabet et les signes numériques. Du point O part un ressort de pression R qui va s'appuyer sur l'axe C, et de l'extrémité de la colonne R' part un autre ressort R' qui va à volonté s'appuyer sur la superficie du tambour T.

Dans la cannelure de ce tambour T, qui s'appelle cylindre de composition, on peut placer alternativement des morceaux de métal et de bois, de diverses grandeurs, et selon des combinaisons diverses.

Supposons d'abord que le ressort R' ne touche pas la superficie du cylindre de composition, et que le courant d'une pile entré par *f''* tourne autour de l'aimant temporaire, descende par *f*, et se rende par *f''*DC à l'autre pôle de la pile ; il est clair qu'alors l'armature sera attirée : dans ce mouvement, un petit renvoi fera frapper un marteau sur le timbre *t*, et le pinceau *p* viendra s'appuyer sur le tambour T', qu'on appelle cylindre d'impression. L'armature restant ainsi attachée à l'aimant, et le tambour tournant sur son axe, le pinceau tracerait sur le cylindre d'impression une ligne continue qui serait une hélice ; car le mécanisme d'horlogerie est disposé de manière qu'il transporte

lentement l'axe en avant, en même temps qu'il le fait tourner. Qu'on imagine maintenant au point D un moyen fort simple d'interrompre et de rétablir à volonté le circuit du courant électrique. Il est clair que le pinceau pourra produire sur le papier des points et des lignes de longueurs variées à volonté. Si le même courant anime deux appareils égaux et semblables, les deux pinceaux donneront le même résultat et les mêmes figures sur les deux cylindres: de sorte que, en écrivant dans une station, il est certain que les traits se reproduiront exactement à l'autre station, fût-elle à cent milles de distance.

Quelques mots sur l'usage du cylindre de *composition* T. Si, dans sa cannelure, on dispose des pièces de bois et de métal alternativement et suivant un certain ordre, il est clair que le jeu du ressort R qui s'appuie sur ces pièces sera variable, il fera attirer l'armature et descendre le pinceau sur le papier toutes les fois qu'il rencontrera le métal; mais aussitôt qu'il portera sur le bois, l'armature sera abandonnée et le pinceau relevé. D'où il suit que, si le ressort agit sur une pièce métallique très-courte, on obtiendra un point; que si la pièce a plus ou moins de surface, on aura une ligne plus ou moins longue. Une dépêche ainsi composée sur le cylindre se transmet d'une manière infaillible, puisque l'effet de l'appareil est indépendant de l'attention de celui qui écrit.

Le timbre n'est pas seulement établi comme signal d'avertissement ou alarme; il peut fournir à certains signes conformes aux besoins des stations.

## APPAREILS TÉLÉGRAPHIQUES DE M. GLAESENER.

J'avais appris d'un ami commun que M. Glaesener avait si bien perfectionné ses appareils qu'ils pouvaient enfin faire un service régulier, et entrer en concurrence avec les meilleurs télégraphes. Heureux de cette bonne nouvelle, je m'empressai d'écrire à Liége pour obtenir de nouveaux dessins et une nouvelle légende; ma lettre est restée sans réponse : je ne puis donc que reproduire la note adressée à l'Académie des sciences par le savant professeur.

« *Horloge électrique sans pile.* — Pour développer un courant magnéto-électrique d'une intensité telle qu'il puisse faire marcher une horloge électrique par le mouvement d'une horloge réglée sur celui du soleil moyen, ou un télégraphe, j'avais à remplir ces deux conditions : 1° de rapprocher et d'éloigner très-promptement le fer de

contact des pôles de l'aimant, et 2° de le faire régulièrement au bout de chaque seconde ou au bout de chaque cinq secondes.

» Or, le mouvement de la roue d'échappement d'une horloge est trop lent, et il est d'ailleurs beaucoup trop faible, même après que les poids de l'horloge sont doublés et triplés, pour détacher le fer de contact des pôles de l'aimant qu'il faut employer. Pour vaincre cette difficulté, j'ai conçu l'idée de comparer les effets chimiques, physiologiques et physiques qu'on produit en détachant le fer de contact des deux pôles à la fois, et le faisant ensuite retomber subitement, à ceux qu'on obtient si, à l'aide d'une charnière, on fixe un des bouts du fer des contact à l'un des pôles de l'aimant, et que l'on adapte à l'autre bout une tige métallique que l'on soulève et que l'on fait tomber promptement au moyen d'une excentrique fixée sur l'axe horizontal mis en mouvement de rotation par une manivelle.

» Or, les effets sont les mêmes dans les deux cas, du moins je n'ai pu reconnaître de différence sensible entre les résultats obtenus dans les deux cas, et cependant l'effort à employer pour soulever le fer de contact, lorsqu'il était fixé par un de ses bouts sur l'un des pôles de l'aimant, était beaucoup plus faible que celui qu'il fallait faire dans l'autre cas. C'est d'après ce principe démontré que j'ai construit mon horloge, mon transmetteur et mon appareil magnéto-électrique, plus simple par sa composition et sa construction, et plus énergique par ses effets que tous les appareils de ce genre connus.

» Pour rapprocher subitement et éloigner ensuite le fer de contact des pôles de l'aimant, je fixe l'aimant, les pôles étant entourés de deux électro-bobines de 1300 mètres de fil de cuivre de 1 millimètre de diamètre, sur une planche devant l'horloge et un peu au-dessus, de manière que le fer de contact, retenu par sa charnière et l'attraction de l'aimant, est dans une position verticale. Devant la roue d'échappement, j'ai disposé un axe horizontal portant un levier droit incliné à l'horizon et retenu par un guide, dont un bout passait sous les dents de la roue, tandis qu'à l'autre était fixé un marteau. Chaque dent de la roue soulevait le levier qui, retombant après subitement, frappait vivement la tige fixée sur le prolongement du fer de contact, détachait celui-ci de l'un des pôles de l'aimant, et aussi en partie de l'autre; un aimant électrique se produisait un instant après, le fer de contact retombait par son poids, et était attiré jusqu'au contact par l'aimant; un nouvel aimant se produisait, et ainsi de suite. » Le méca-

nisme imaginé par M. Glaesener est suffisamment indiqué figure 14, planche VI.

« En procédant de cette manière, j'ai construit une horloge électrique donnant les heures, les minutes et les secondes d'une manière très-régulière, et une autre horloge qui ne donnait que les cinq secondes. De pareilles horloges, une fois réglées, pourront marcher pendant des années entières, sans qu'on ait à y apporter le moindre changement, si l'horloge principale est bien réglée.

» *Nouveau transmetteur dans les télégraphes avec les lettres alphabétiques.* — Je me sers de l'aimant employé dans mon horloge pour développer le courant électrique; je soulève et laisse retomber le fer de contact à l'aide d'une excentrique à deux dents mises en mouvement par une manivelle. Une roue de douze dents est fixée sur l'axe de l'excentrique, et engrène avec une autre de quatre-vingt-quatre dents, placée à côté sur un axe isolé, sur lequel se trouve aussi un cadran avec les vingt-huit lettres de l'alphabet, qui passent lorsque la manivelle tourne successivement devant une aiguille fixe. Lorsqu'une lettre a passé, la manivelle peut tourner de 60 degrés environ, avant qu'une autre lettre passe. C'est là ce qui donne plus de sécurité à la marche de l'aiguille. Le mouvement est d'ailleurs si facile, si doux, et la lecture des lettres si commode, que, sous ce triple rapport, le transmetteur que je propose me paraît préférable au manipulateur qu'on a employé jusqu'ici. » Voyez fig. 15.

« *Transmetteur simultané des mêmes dépêches dans deux ou même plusieurs directions différentes.* — On fixe sur le fer doux de contact deux électro-bobines semblables à celles de l'aimant, et par le mouvement de l'appareil on produit un courant dans les bobines du fer de contact et un autre dans celles de l'aimant; chacun de ces courants fait marcher un télégraphe. On pourra aussi, par le même moyen, communiquer le temps d'une station centrale à d'autres stations des chemins de fer. On pourra juxtaposer trois appareils semblables et développer six courants électriques dans le même instant à l'aide du même appareil. On pourrait encore tirer parti de cet appareil pour la détermination des longitudes. On pourra produire à la fois des effets physiques par une électro-bobine, et des effets chimiques par une autre bobine; des effets électriques avec de faibles courants, et d'autres avec des courants très-intenses.

» L'appareil dont je fais usage pour ces trois destinations diverses

donne des décompositions si fortes, que jamais je n'ai pu en obtenir de pareilles avec l'appareil de Clarke. On peut réunir plusieurs appareils simples sur une même planche; combiner, par exemple, les fils de 2, 3, 4, 6 électro-bobines de différentes manières, et obtenir des effets que l'on ne pourra réaliser par aucun autre appareil magnéto-électrique.

» *Suppression du ressort à boudin dans les horloges électriques et dans les télégraphes.* — Si l'on met des deux côtés de la plaque motrice de fer doux, deux électro-aimants semblables, et que l'on conduise le courant électrique alternativement dans l'un et dans l'autre des électro-aimants, on pourra supprimer le ressort à boudin: on gagne par cette suppression non-seulement sous le rapport de la sécurité de la marche de l'aiguille, mais encore en ce que le courant n'a plus à vaincre la résistance du ressort. J'ai fait marcher pendant quatre jours une horloge sans ressorts, et jamais la plaque motrice n'est restée en contact avec les électro-aimants. »

Arrivons maintenant aux télégraphes électriques usuels, actuellement en fonction sur quelque ligne un peu importante, ou qui peuvent faire un service régulier.

---

## CHAPITRE III.

### Télégraphes à aiguilles

---

### *Télégraphe élémentaire à une seule aiguille pour le service des chemins de fer*, de MM. WHEATSTONE *et* COOKE.

La partie essentielle de l'instrument est représentée planche VII, fig. 1, et se compose d'un seul multiplicateur, avec un indicateur, fixé verticalement sur un axe horizontal, et se mouvant devant un cadran. Derrière le cadran, au sein de la bobine du multiplicateur, se trouve un aimant temporaire ou morceau de fer doux entouré de fil, et fixé sur le même axe que l'indicateur qu'il entraîne dans ses déviations.

La figure 2 montre le télégraphe élémentaire en fonction sur une ligne télégraphique, et muni d'un timbre ou carillon dont nous décrirons bientôt le mécanisme. Chaque appareil a sa pile et sa mani-

velle propre, à l'aide de laquelle le gardien fait dévier à droite et à gauche son indicateur et les indicateurs des autres appareils de la ligne.

### *Télégraphe à une seule aiguille pour les correspondances télégraphiques.*

La figure 3 représente un télégraphe complet à une aiguille. L'alphabet est tracé à droite et à gauche de l'aiguille : quelques lettres exigent quatre mouvements, mais le dernier mouvement qui achève l'indication d'une lettre placée à droite est toujours un mouvement à droite ; de même que tout mouvement qui achève l'indication d'une lettre placée à gauche est toujours un mouvement à gauche. Ainsi W est indiqué par quatre mouvements, trois à gauche et le quatrième à droite ; L par quatre mouvements, à droite, à gauche, à droite, à gauche. En dessous de chaque lettre, il y a un signe formé d'une ou de plusieurs lignes diagonales penchées vers la droite ou vers la gauche. Quelques-unes de ces diagonales sont entières, les autres ne sont que des moitiés : le sens de la diagonale est celui de la déviation, et il s'en fait une pour chaque diagonale ; la déviation indiquée par la demi-diagonale se fait la première : D, par exemple, se fait par un écartement à droite, suivi d'un autre à gauche ; R, par une déviation à droite, puis une à gauche, etc., etc. Pour simplifier, on est convenu de procéder de la manière suivante : on emploie d'abord une, deux, trois, quatre déviations à gauche pour les quatre premiers signaux ; puis une à droite avec une, deux, trois déviations à gauche pour les quatre signaux suivants ; puis deux à droite avec une et deux à gauche ; puis trois à droite avec une à gauche ; et enfin à droite et à gauche, à droite et à gauche, à droite et à gauche, ce qui conduit jusqu'à la lettre L, et complète ainsi la première moitié de la série. La seconde moitié est la contre-partie de la première ; les déviations à gauche sont simplement remplacées par des déviations à droite, et réciproquement. Les chiffres sont inscrits sous l'aiguille, et ils sont indiqués par les mouvements de la moitié inférieure ; ainsi, pour montrer 4, on porte l'extrémité inférieure de l'aiguille une fois à droite et une fois à gauche. On convient une fois pour toutes de la manière dont on écrira les signaux particuliers au service du chemin de fer et autres.

Le mécanisme intérieur du télégraphe à une aiguille est tout à fait

semblable à celui du télégraphe à deux aiguilles que nous allons décrire avec le plus grand soin.

## TÉLÉGRAPHE A DEUX AIGUILLES.

1° *Vue d'ensemble extérieure*, fig. 4. — La caisse supérieure est occupée par la sonnerie ou alarme. A A sont les deux aiguilles, M M les manivelles ou manipulateurs, *m* la manivelle de la sonnerie pour la mettre dans le circuit ou l'en retirer; S est l'appareil de silence; *c c* les chevilles mobiles pour arrêter ou donner de la liberté aux aiguilles, etc., etc. Les lettres de l'alphabet sont rangées sur plusieurs lignes commençant à gauche et finissant à droite, ainsi que dans l'écriture ordinaire. La première série, depuis A jusqu'à P, figure au-dessus des pointes des aiguilles; la dernière série, depuis R jusqu'à V, figure au-dessous des pointes des aiguilles. Chaque lettre est indiquée par un, deux ou trois mouvements. Les lettres de la série supérieure sont formées par l'aiguille la plus voisine, que l'on rapproche une, deux ou trois fois du caractère, de manière à pointer vers lui. Pour les lettres de la série inférieure, on remue les deux aiguilles à la fois, en dirigeant leurs extrémités basses vers la lettre. Six lettres, C, D, L, M, U et V, exigent deux mouvements contraires de l'aiguille ou des deux aiguilles; d'abord à droite, puis à gauche, pour C, L et U; et d'abord à gauche, puis à droite, pour D, M et V. Ces lettres sont gravées en petites capitales, et séparées par de doubles flèches. M. Walker affirme que cet alphabet télégraphique est très-simple et très-facile à apprendre : il semble confus à celui qui le voit pour la première fois; mais cette confusion disparaît dès qu'on lui en a donné la clef.

2° *Disposition intérieure de l'appareil.* — Elle est représentée fig. 5. B est la bobine, longue de dix centimètres, large de cinq, épaisse de quatre. Il y a deux aiguilles : la première intérieure *a*, appelée aiguille-diamant et introduite par M. Holmes, a trois centimètres de longueur sur deux centimètres de large; c'est un rhomboïde très-plat et très-court. La seconde extérieure plus longue A est ordinaire. L'aiguille-diamant est déviée beaucoup plus rapidement et oscille très-peu; sa déviation est une sorte de battement sec qui s'éteint promptement. M. Walker lui a quelquefois substitué avec succès une aiguille composée, formée de plusieurs aiguilles très-courtes

en acier mince et fortement aimantées, et appliquées contre un disque en ivoire de trois centimètres de diamètre : cet ensemble est représenté à part fig. 6. L'aiguille extérieure A a sept centimètres et demi de longueur.

Le châssis de la bobine B est en cuivre, ou mieux en bois, ou en ivoire ; il est fixé par des écrous à une plaque de cuivre vernie du côté de la boîte et appuyée contre sa paroi. Le fil de la bobine a moins d'un quart de millimètre de diamètre ; ses deux extrémités $e$, $e'$ aboutissent aux vis de pression V, V′ ; une lame métallique L unit l'extrémité $e$ avec une autre vis de pression $V_1$, $e'$ communique de même par une lame métallique L′ avec une vis de pression Z, et par Z avec le pôle zinc de la pile à sable P. Les deux lames L, L′ sont entièrement semblables à deux autres, $L_1$, $L_2$, que l'on voit à gauche du dessin. Les trois lames L′, $L_1$, $L_2$ communiquent métalliquement par des ressorts droits, R′, $R_1$, $R_2$, avec un commutateur $C$ dont nous décrirons bientôt le mode d'action. Les ressorts R′, $R_2$ en acier pressent fortement contre deux pointes implantées sur une tige de cuivre T, vissée dans la caisse en bois de l'instrument. Un fil conducteur $F_1$ unit la vis de pression $V_1$ avec $V_2$, et le circuit se complète de la manière suivante entre $V_1$ et $V_2$ : le courant arrivé en $V_1$ passe dans la bobine par la droite, revient par la gauche en Z, passe par le ressort R′, arrive au cylindre $C$, vient en $V_2$ par le ressort $R_2$ et retourne à $V_1$ par le fil $F_1$. Concevons maintenant que le fil conducteur d'une première station communique avec $V_1$, et le fil de la seconde station avec $V_2$, l'appareil sera dans le circuit de la ligne télégraphique et tout prêt à recevoir les signaux manifestés par les déviations de l'aiguille ou des aiguilles, puisque deux appareils semblables sont accolés l'un à l'autre, et que leurs bobines sont traversées à la fois par le courant qui va de $V_1$ en $V_2$. On est convenu, pour obtenir une régularité plus grande, de mettre toujours en communication avec $V_1$ le fil conducteur supérieur, et avec $V_2$ le fil conducteur inférieur. Nous expliquerons mieux plus tard cette distinction de fil supérieur et de fil inférieur.

Voilà comment les signaux sont reçus ; disons maintenant comment ils sont transmis. Le commutateur est un cylindre en bois de buis, porté comme l'indique la figure, et qui peut tourner sur lui-même au moyen de la manivelle M, fig. 4. Ses extrémités $e_1$, $e_2$ sont revêtues d'anneaux de cuivre avec appendices saillants, et isolés l'un de l'autre

par le bois qui les sépare. Deux forts ressorts d'acier, $r_1$, $r_2$, vissés à droite et à gauche sur les lames L, $L_2$, appuient avec frottement l'un sur la virole de cuivre $e_1$, l'autre sur la virole $e_2$, et font communiquer les extrémités du commutateur avec les vis de pression Z et C, et par elles avec les pôles de la pile. Un autre ressort plus court $r'$, qui appuie aussi sur la virole $e_2$, la met en communication directement avec la vis de pression $V_2$, et par cette vis et le fil $F_2$ avec la vis de pression $V_1$. Si l'on fait tourner le communicateur, la saillie $s_2$ fera soulever l'un des ressorts R', $R_2$, qui par là même ne communiqueront plus entre eux par le cylindre C. Dans la figure, c'est le ressort de droite R' qui est soulevé; mais un petit mouvement de plus imprimé au commutateur fait toucher le ressort $r'$ par la seconde saillie $s_2$ qui le met en communication avec la virole $e_2$; alors le courant de la pile circule à travers l'appareil et dans tout le circuit télégraphique. Arrivé en effet en Z, il passera par $r'$ à la virole $e_1$, entrera dans le multiplicateur V, sortira par V', viendra en $V_1$, passera par F dans le fil conducteur de la ligne télégraphique, viendra en $V_2$, passera par $r'$ à la virole $e_1$, et de cette virole par le ressort $r_1$ au pôle cuivre C. Si l'on tourne le manipulateur en sens contraire, le courant transmis de Z à la virole $e_2$ viendra en $V_2$ par le ressort $R_1$ et la lame $L_1$, ira par $F_2$ dans le conducteur de la ligne télégraphique, viendra en $V_1$, entrera par le multiplicateur par V', sortira par V, et viendra, par le ressort $r$ correspondant à $r'$, à la virole $e_1$, et par le ressort $r_1$ au pôle cuivre C. La figure 5 *bis* représente mieux la disposition des ressorts du commutateur. Les liaisons sont établies de telle sorte, que lorsqu'on tourne la manivelle à droite l'aiguille $a$ est déviée vers la droite. L'aiguille A, placée à l'extérieur de l'appareil, a toujours son pôle nord en haut; l'aiguille intérieure $a$ a toujours son pôle nord en bas; de telle sorte que, en vertu de la loi d'Oersted, si, regardant l'instrument de face, on voit la pointe supérieure de l'aiguille se mouvoir vers la droite, on peut être sûr que dans la moitié du fil la plus près du spectateur le courant sera ascendant.

Il suffira donc de tourner la manivelle M tantôt à droite, tantôt à gauche, pour faire dévier à droite et à gauche toutes les aiguilles des télégraphes de la ligne, et transmettre les signaux.

*Chevilles mobiles.* — Souvent contrarié dans l'expédition des dépêches par les courants accidentels, M. Walker a été amené à rendre mobiles les chevilles d'ivoire destinées à limiter les excursions

des aiguilles, et qui dans les figures 3 et 4 sont représentées par de petits points noirs placés à droite et à gauche de ces aiguilles. Si, par une cause extérieure quelconque, l'aiguille A est appuyée contre l'une de ces aiguilles, il devient impossible de transmettre le signal ou la fraction de signal indiquée par une déviation dans la direction de la cheville, puisque l'aiguille est déviée d'avance dans ce sens : mais, en enlevant la cheville et abandonnant l'aiguille à toute la force directrice du courant, la déviation primitive sera augmentée et cette nouvelle marche indiquera le signal. Si de plus on fait avancer les chevilles dans le même sens que l'aiguille, de sorte que, dans la déviation permanente causée par le courant étranger, elle occupe le milieu de l'espace compris entre les deux chevilles, on pourra, en dépit de la force perturbatrice, obtenir des déviations dans les deux sens et transmettre les signaux ; pourvu toutefois, ce qui arrive ordinairement, que la déviation accidentelle n'ait pas atteint le maximum de la déviation que le courant régulier peut produire. De l'axe de l'aiguille comme centre on décrit un cercle, fig. 4, et on le creuse en gorge : les chevilles d'ivoire sont fixées à un disque circulaire mobile placé dans cette gorge : le bouton *b* placé entre les deux manivelles porte une poulie ; une corde s'engage à la fois sur cette poulie et sur le disque circulaire mobile, et par conséquent en tournant le bouton on peut faire très-facilement que les chevilles suivent l'aiguille dans toutes les perturbations ou déviations accidentelles.

*Bobines mobiles.* — Une aiguille pesante comme celle du télégraphe tend nécessairement à revenir à la position verticale, et même à la dépasser, au premier moment de la transmission du signal ; c'est-à-dire au moment où la manivelle a rompu le circuit par l'action d'une des saillies, et avant qu'il ait été rétabli par l'autre saillie : il en résulterait un mouvement oscillatoire et une certaine hésitation ou incertitude dans la transmission et la perception des signaux. Pour parer à cet inconvénient, et faire que l'aiguille reste bien verticale, M. Walker a fixé les bobines non sur des axes, mais sur les mêmes disques circulaires dont il vient d'être question ; et, au lieu de suivre l'aiguille avec le multiplicateur, comme on le fait sur la boussole des sinus, il meut le fil en sens contraire jusqu'à ce que l'aiguille revienne à sa première position verticale, ce que l'on obtient sans peine.

*Appareil silencieux.* — On voit au bas de l'appareil, fig. 4, un petit disque circulaire ou cadran à aiguille que M. Walker appelle

appareil silencieux. Quatre ressorts, dont les deux premiers sont liés à deux fils de la première station extrême, de Londres, par exemple, et les deux seconds à deux fils de la seconde station extrême, Douvres, appuient contre un cylindre en bois de buis ; une lame de cuivre en communication avec le fil de terre de la station intermédiaire est incrustée longitudinalement sur le cylindre de buis : de sorte qu'en tournant le cylindre on fait communiquer à volonté avec le sol, soit deux fils de Londres, soit deux fils de Douvres, le fil supérieur, par exemple, et le fil inférieur. Cette opération a un double avantage: d'abord, en réduisant à moitié la distance parcourue par le courant, elle permet d'agir avec des piles plus faibles; et en confinant les signaux dans la moitié des fils, elle laisse l'autre moitié à la disposition des autres stations : ainsi pendant que Tonbridge s'entretient avec Londres, Ashford peut s'entretenir avec Douvres sur le prolongement de la même ligne. Le nom de ce mécanisme lui vient d'une autre disposition qui l'accompagne : quand l'index ou aiguille indique *silence*, deux lames de cuivre sont en communication la première avec les ressorts liés aux deux fils de Londres; la seconde avec les ressorts liés aux deux fils de Douvres. On forme ainsi un court circuit; et les signaux destinés à la station intermédiaire, Tonbridge, je suppose, ne sont plus reproduits que par l'appareil de Tonbridge ; les signaux des autres stations vont directement à ces autres stations comme si les fils qui y aboutissent n'entraient pas dans le cabinet de Tonbridge.

*Alarme ou carillon.* — Le mécanisme du carillon est représenté fig. 7, planche VII. E est un électro-aimant vu de champ; A est l'armature mobile en fer, attirée par l'électro-aimant chaque fois et aussi longtemps que le courant passe : deux petits battoirs en cuivre garnis d'ivoire et implantés dans l'armature l'empêchent d'arriver à un contact absolu avec les pôles de l'électro-aimant, tout en lui permettant de s'en approcher de très-près ; cette disposition a pour but de prévenir l'adhérence de l'armature de l'électro-aimant, adhérence qui continuait trop souvent, même après la rupture du circuit. L'armature est portée par le petit bras du levier LE, dont l'autre bras coudé se termine par un crochet destiné à s'appuyer contre les dents de la roue *r*, pour l'enrayer ou l'arrêter dans son mouvement ; un ressort faible R butte d'un côté contre un obstacle fixe, de l'autre contre le grand bras du levier L tendant à le ramener constamment à la position d'équilibre, ainsi que l'armature A. Le ressort du mouvement

d'horlogerie, dont la figure ne montre que les pièces principales, est contenu dans le barillet B portant la roue dentée $r_2$; $r_3$ est une seconde roue dentée dont le pignon engrène avec la roue $r_2$; $r_4$ est une quatrième roue mise en mouvement par le pignon de $r_3$, engrenant avec le pignon de la roue $r$, et en communication avec l'échappement à ancre $e$; enfin une tige fixée à l'axe de l'échappement se termine par un double battant, pendule ou marteau à deux têtes MM. Le jeu de cet appareil est très-manifeste : quand le courant passe, l'armature A est attirée, le levier L se porte vers la gauche, le crochet n'arrête plus la dent de la roue $r_1$, l'action du ressort n'est plus empêchée, toutes les roues tournent, et sous l'influence alternative de la roue d'échappement le marteau frappe rapidement le timbre à droite et à gauche. Le timbre sonnera tant que le circuit restera fermé; mais dès qu'il sera rompu le ressort R détachera l'armature, le crochet du levier L buttera de nouveau contre les dents de la roue $r_1$, et tout s'arrêtera. Ce n'est pas le courant, comme on le voit, qui meut le battant du timbre, mais bien la force du ressort; le courant n'a pour fonction que de dégager la dent de la roue $r_1$; rien n'empêche par conséquent que l'on ne puisse faire sonner ainsi de grosses cloches, comme on le fait en Angleterre dans des circonstances particulières.

On a modifié de mille manières le mécanisme des carillons; quelquefois le marteau est extérieur et ne frappe qu'un coup : dans la sonnette centrifuge de M. Wheatstone deux marteaux sont fixés aux extrémités d'un levier monté sur l'axe d'une roue. Au lieu du crochet enrayant la roue, c'est quelquefois une pointe qui s'engage dans un trou sur la circonférence de la roue : souvent aussi l'arrêt est un fort ressort entaillé qui retient le bras qui porte le marteau; quand, dans le mouvement de l'armature, le ressort est retiré de l'entaille, le bras tombe et carillonne.

*Poignée de sonnette, court circuit.* — Lorsque l'électro-aimant du carillon se trouve dans le circuit du multiplicateur de l'aiguille du télégraphe, chaque courant qui passe pour produire un signal ferait en même temps sonner, ce qui serait très-ennuyeux. On obvie à ce grave inconvénient en faisant usage de ce qu'on a appelé court circuit; c'est-à-dire qu'on ouvre au courant pour aller au galvanomètre un chemin plus court que le trajet par l'électro-aimant de la sonnerie. Le court circuit s'établit par le simple mouvement de la poignée ou manivelle $m$, fig. 4. Les deux tiges de cuivre T, T′ que l'on

voit à gauche de la fig. 4, sur le côté de la boîte de la sonnerie, communiquent, l'une, celle de derrière, avec l'un des fils du multiplicateur de la sonnerie; l'autre, celle de devant, avec l'un des fils du multiplicateur de l'aiguille; elles se continuent dans l'intérieur du télégraphe, et descendent jusqu'au niveau de la poignée : la poignée en cuivre de la manivelle communique avec la tige de derrière; l'autre tige se lie métalliquement au ressort R placé sous la poignée. On incruste dans le disque de la manivelle sur lequel frotte le ressort R un ressort d'ivoire. Lorsque la manivelle est verticale, le ressort porte précisément sur l'ivoire; la poignée et le ressort sont isolés, les deux tiges ne communiquent entre elles qu'à travers les fils des multiplicateurs de la sonnerie et des aiguilles, le carillon résonne, et l'aiguille est déviée; mais si on rend la poignée horizontale, la manivelle communique avec le ressort, les deux tiges sont unies métalliquement; le courant peut aller directement au fil du multiplicateur de la bobine : comme le nouveau chemin est considérablement plus court que le premier, le courant le suivra; et, quoique le circuit du multiplicateur de la sonnerie soit aussi fermé, il n'y passera que fort peu d'électricité, trop peu pour que le carillon résonne.

*Touche sonnante.* — On désigne ainsi le mécanisme destiné à régler les sonneries aux diverses stations. C'est, fig. 8, un petit cylindre ou tambour en cuivre de deux centimètres environ de diamètre et de longueur, percé en dessus et en dessous de l'axe de deux trous $t$, $t'$, revêtus d'ivoire à l'intérieur; deux autres trous T, T′ sont percés perpendiculairement aux premiers, communiquent avec eux, et sont aussi garnis d'ivoire. Deux fils de cuivre recourbés à angle droit passent l'un en $t$ pour sortir par T, l'autre en $t'$ pour sortir en T′. Deux fils en spirale ou lâches lient $t$ et $t'$ avec les deux pôles de la pile. Dans la figure la touche sonnante est représentée au repos. La station où nous sommes est, par exemple, celle de Cantorbéry; $F_1$ est le fil de de Ramsgate, $F_2$ le circuit de terre entre Ramsgate et Ashford, $F_3$ le fil d'Ashford à Cantorbéry; enfin deux ressorts, l'un R, l'autre R′, communiquant, l'un avec le fil $F_3$, l'autre avec le second fil de l'électro-aimant, pressent contre le cylindre de cuivre C. Cela posé, si, en faisant faire au tambour un quart de révolution, on amène les ressorts en contact avec les deux fils qui font saillie en T et T′, la pile est introduite elle-même dans le circuit, le courant passe dans le sens indiqué par les flèches, et met toutes les sonnettes en mouvement, à Ramsgate, à Ash-

ford, etc., etc. Cette simultanéité de carillon est très-bonne si l'on voulait réveiller l'attention sur toute la ligne; mais elle a des inconvénients graves, s'il ne s'agissait, par exemple, que de mettre sur le qui-vive l'employé de Ramsgate. Il fallait donc construire une autre touche sonnante qui permît d'envoyer le courant d'un seul côté, suivant les besoins, et qui, en ne faisant sonner que dans une direction, ménageât le courant.

Nous sommes toujours à Cantorbéry. Le tambour ou cylindre C, fig. 9, est tout à fait semblable à celui du mécanisme précédent; il est percé et garni intérieurement d'ivoire en $t$, $t'$, T, T'; mais, au lieu de simples saillies du fil intérieur, le tambour est muni de deux appendices ou fortes tiges, l'une plus courte T C, l'autre plus longue T' Z. A A' est une forte pièce de cuivre en forme d'ancre d'où part un fil F plongé en terre à Cantorbéry même : le fil $F_1$ de Cantorbéry à Ashford se rattache à la vis de pression $V_1$; le fil $F_1$ allant de Cantorbéry à Ramsgate se rattache à la vis de pression $V_2$; deux forts ressorts $R_1$, $R_2$, liés aux extrémités du multiplicateur de la sonnerie, appuient contre les têtes des vis de pression $V_1$, $V_2$. Si maintenant on tourne un peu le tambour, à droite, par exemple, la tige courte C écarte le ressort $R_2$; et si l'on tourne suffisamment, le fil Z entre par A en communication avec la terre, les pôles N et Z de la batterie entrent alors dans le circuit. Le courant suit la direction indiquée par les flèches, vient de C par le fil $F_2$ à l'électro-aimant, sort par le fil $F_1$, vient en $V_1$, va par $F_1$ à Ashford, où il entre en terre, revient par la terre et le fil F en A, d'où il retourne en C. Le seul fil d'Ashford est entré dans le circuit, celui de Ramsgate est resté dehors, et le timbre d'Ashford a seul sonné. Si l'on avait tourné le tambour en sens contraire, on aurait sonné au contraire à Ramsgate. Ajoutons que le tambour est muni d'un très-fort ressort qui le ramène à la position naturelle ou de repos dès que l'action de la main cesse.

ENSEMBLE D'UNE LIGNE TÉLÉGRAPHIQUE AVEC TÉLÉGRAPHES A DEUX AIGUILLES. — Nous prendrons pour exemple la ligne de la compagnie du chemin de fer du sud-est allant de Londres à Rochester, et de Londres à Douvres, avec embranchement sur la route de Kent à Tundbridge Wells, Maidstone, Ramsgate, Deal et Margate: le parcours total est d'environ 182 milles. La fig. 10 représente la distribution des appareils sur cette vaste étendue de pays. Les lignes noires droites représentent les fils ayant chacun leur numéro d'ordre

1, 2, 3, 4. Les traits —, — indiquent les carillons, les points ... les appareils télégraphiques; un point . signale un appareil à une aiguille, deux points .. entourés d'un cercle les appareils à deux aiguilles. Les stations sont distribuées en groupes de six ou sept au plus; dans le plan, les divers groupes sont joints par des lignes continues; ils cessent là où les lignes cessent, se courbent à angle droit ou se divisent. Le plus important des groupes est celui de Londres à Douvres, sur les fils 1 et 2 qui passent par toutes les stations inférieures et toutes les stations importantes fournies d'un plus grand nombre d'instruments : à ces stations les fils sont rompus comme nous l'avons déjà expliqué, et rattachés par des liens ou conducteurs secondaires. Les petites stations sont reliées par une seconde paire de fils 3 et 4, allant d'un bout à l'autre de la ligne, et s'arrêtant à Reigate, Tonbridge, Ashford, Folkstone, et formant cinq groupes secondaires de 3, 5, 6, 3 et 2 stations. Le groupe entre Douvres et Londres a cinq instruments à double aiguille, le carillon ou alarme est tantôt sur le fil 1, tantôt sur le fil 2. De Reigate au tunnel après Merstham, il y a deux nouveaux fils 5 et 6; puis deux encore 7, 8, de Londres aux stations de Bricklayer's Arms, et deux enfin, 9 et 10, de Londres à Gravesende et Rochester, ce qui fait dix fils en tout entrant dans la station de Londres. Chaque station a son fil de terre, et tous les groupes se terminent par une communication avec la terre, que l'on établit soit en soudant l'extrémité d'un fil conducteur ou du fil d'un des pôles de la pile aux canaux qui conduisent l'eau ou le gaz, soit en creusant jusqu'à la terre humide pour enterrer une planche de cuivre soudée à ce même fil. Nous avons vu comment on utilisait le fil de terre pour les sonneries et la transmission des dépêches.

Dans les circonstances ordinaires, les lignes d'embranchement télégraphiques se terminent aux stations de jonction ; mais, pour parer à tous les accidents et aux événements imprévus, on a créé des sortes de plates-formes tournantes pour changer à volonté les communications par les fils de la ligne principale, comme au moyen des aiguilles on change la direction des convois sur les chemins de fer. La plate-forme imaginée par M. Walker est un cylindre de bois de buis dans lequel sont incrustées un certain nombre de lames de cuivre, et protégé par une boîte en acajou : une série de ressorts en acier s'appuient contre le cylindre et font saillie hors de la boîte ; les extrémités des fils conducteurs se rattachent à ces saillies ou bouts. Les lames de cuivre

sont disposées de telle sorte que, dans une position donnée du cylindre, les ressorts pris deux à deux forment des systèmes de couples communiquant ensemble par les lames, système qui change quand on fait faire un quart de révolution au cylindre ou tambour-plate-forme. Quelquefois les deux ressorts des fils d'embranchement forment couple avec les ressorts du fil de terre, pendant que le circuit principal est ouvert d'une extrémité à l'autre : quelquefois les ressorts des fils d'embranchement forment couple avec les deux fils qui remontent la ligne principale, tandis que les deux fils qui la descendent sont unis avec la terre à la station d'embranchement ; dans ce dernier cas, les signaux de Londres, fig. 10, au lieu d'aller à Douvres, vont aux embranchements, à Deal, par exemple, ou à Ramsgate ; et Londres peut ainsi communiquer directement sans intermédiaire de la station de jonction, Ahsford, avec les villes plus éloignées ; cette marche est indiquée par les lignes pointées à la station d'Ahsford. M. Walker, que ses fonctions de surintendant de cette immense ligne télégraphique font résider à Tonbridge, a établi dans son cabinet une plate-forme double qui peut faire communiquer tour à tour son appareil télégraphique avec Londres, avec la ligne de North-Kent, avec Douvres ou avec les embranchements. Cette plate-forme est toujours un cylindre ou tambour avec lames de cuivre incrustées et ressorts, mais autrement disposés : en la faisant communiquer convenablement, comme aussi la première plate-forme avec les fils inférieurs de la ligne, les signaux sont intervertis, et les déviations à droite sont remplacées par des déviations à gauche, et réciproquement. Il faut lire alors à l'envers, à moins que l'on n'ait recours à un commutateur pour renverser aussi la direction des courants. Il est enfin une troisième plate-forme à un seul fil : elle sert à convertir l'appareil à double aiguille en un appareil à simple aiguille, agissant par l'un ou l'autre des deux fils, ce qui est grandement utile ou même nécessaire, quand par une cause quelconque les deux fils ont été amenés au contact sur un ou plusieurs points de leur parcours, ou que l'un d'eux a été rompu. Dans les stations intermédiaires, cette plate forme est établie de telle sorte qu'elle puisse mettre en communication soit le fil inférieur, soit le fil supérieur avec une des deux aiguilles : aux stations extrêmes elle permet de joindre les deux fils à l'une ou l'autre des aiguilles ; et enfin, par une position additionnelle, elle met Londres en dehors du circuit, quand la station de Bricklayer's Arms y est

entrée. Le plan fig. 10 montre que les deux fils de Douvres 1 et 2 se bifurquent à Londres et forment une sorte de Y à deux branches; l'une des branches va à Londres, l'autre à Bricklayer's Arms : le courant venant de Douvres se diviserait donc à la jonction ; mais, en règle générale, c'est à Londres que doit aboutir le courant complet : Bricklayer's Arms ne peut le recevoir qu'après avoir demandé à Londres, par le télégraphe établi sur les fils 5 et 6, de rendre les fils libres. Chacune de ces stations a donc son tambour muni de lames de cuivre et de ressorts, et il suffit de le faire tourner de 90 degrés pour briser ou compléter le circuit à un signal convenu. Des plates-formes semblables établies à Gravesende et Woolwich permettent à Rochester de correspondre directement avec une petite station du Nort-Kent. L'observatoire royal de Greenwich figure dans le plan, parce que M. Walker espère que le jour n'est pas loin où des fils conducteurs spéciaux relieront ce point capital avec toutes les stations télégraphiques de l'Angleterre, et où l'on pourra ainsi non-seulement transmettre partout l'heure de l'observatoire, mais encore déterminer les longitudes au moyen du télégraphe électrique.

BUREAU DU TÉLÉGRAPHE. — Nous prendrons pour exemple le bureau de la station principale de Tonbridge, dont la fig. 11 montre l'importance majeure. Située à mi-chemin de Londres à Douvres, elle est le centre régulateur des communications télégraphiques, l'atelier et le garde-magasin général où se construisent, sont déposés et se réparent tous les appareils.

La table principale porte quatre appareils, un cinquième est posé sur un piédestal appuyé contre le mur. Une partie des piles est cachée dans les armoires situées au-dessous de la table, les autres sont reléguées dans une cour particulière ; le public communique par des guichets ouverts placés sur la gauche avec le bureau où sont reçues les dépêches.

La fig. 12 montre l'ensemble et la distribution des appareils et des fils; les numéros 1, 2, 3, etc., indiquent que ces fils sont la continuation de ceux indiqués fig. 10 ; les numéros additionnels 7, 8, 9 désignent les fils de Tonbridge Wells; la lettre T montre le fil de terre allant aux conduits du gaz; la lettre S dénote un fil supérieur ou d'en haut; la lettre I un fil inférieur ou d'en bas; les fils supérieurs sont ceux qui viennent de Londres allant à Douvres, les fils inférieurs ceux qui viennent de Douvres allant à Londres.

A est une tablette d'acajou, portant pour chaque fil un paratonnerre analogue aux anciens paratonnerres anglais, avec fil, coudé en cuivre, pointe et boule : une seconde série de fils coudés opposés aux premiers, munis aussi de pointes et de boules très-rapprochées des premières sans cependant les toucher, sont vissés sur une tige ou bande de cuivre soudée au fil de terre T. Pendant les orages on voit très-souvent des aigrettes ou étincelles passer d'une boule ou d'une tige à l'autre boule ou à l'autre tige, et cet ensemble de paratonnerres a pour objet de faire passer l'électricité atmosphérique dans le sol. Comme ils ne préservaient pas suffisamment les appareils, on leur a adjoint ou substitué un second système de parafoudres P semblable à celui que nous avons décrit pl. IV, fig. 15 ; B est une tablette sur laquelle sont fixées trois bandes de cuivre : l'une, E, n'est que la continuation du fil de terre rapproché ainsi des appareils; les deux autres sont en communication avec les pôles de la deuxième pile, placés ainsi sous la main de l'opérateur. L'appareil 1 est le plus rapproché de la fenêtre, celui devant lequel l'employé est assis fig. 11, il communique avec Londres et Douvres : 2 est un appareil à une seule aiguille, fin d'un groupe dont la tête est à Reigate : 3 est l'instrument correspondant avec Tonbridge Wells : 4 est le dernier appareil du groupe de Maidstone : 5 enfin correspond avec le cabinet du surintendant. Les lignes pointées dessinent les formes extérieures des instruments. Les lettres Z et C indiquent les points où aboutissent dans chaque appareil les fils allant aux pôles de la pile. Un fil parti du fil de terre se rend à tous les appareils, et va aux numéros 1, 2, 3 directement; aux numéros 4, 5 à travers les plates-formes *a*, *b*, *c*. Les fils qui partent du côté gauche des multiplicateurs prennent tous la ligne d'en haut allant vers Londres; ceux qui partent du côté droit prennent la ligne d'en bas ou venant de Londres: c'est ce dont on peut s'assurer en suivant le parcours des fils sur le plan. Quand des fils se croisent, il doit être bien entendu qu'ils ne se touchent pas.

La plate-forme *c* est destinée à mettre l'embranchement de Maidstone en communication avec Londres. La plate-forme double *a* sert à faire correspondre l'appareil du surintendant soit avec Londres, soit avec Douvres; la plate-forme *b* relie deux fils pris soit en haut, soit en bas de la ligne, avec une seule et même aiguille, dans le cas d'un contact accidentel. Pour montrer le jeu des plates-formes, suivons le parcours du fil n° 1, premièrement, quand la communication com-

plète entre Londres et Douvres est ouverte; secondement, quand Londres correspond avec Maidstone. Premier exemple : un signal envoyé de Londres à Douvres, et dont la marche est indiquée par les petites flèches, entre par le fil supérieur 1, le premier fil à gauche; va à la plate-forme *a*, y entre par le second bout, traverse la boîte et le cylindre, et sort de l'autre côté par le bout immédiatement opposé; dans cette position, la plate-forme présentait au courant un bout de fil de cuivre uni à une bande incrustée dans le tambour, et qui en fait le tour : de là, le courant va en ligne droite à la plate-forme *b*, où il entre par le second bout à gauche, suit la direction indiquée par la flèche et sort par le premier bout du même côté; la lame de cuivre du tambour doit dans cette position être assez longue pour que les ressorts des deux bouts communiquent entre eux par elle : le courant se rend ensuite à la plate-forme *c*, entre par le premier bout à gauche, ressort par le second bout de gauche; les ressorts de ces deux bouts appuyant sur une même lame de cuivre du tambour, il vient à l'appareil télégraphique n° 4, où il entre par la gauche du multiplicateur de gauche, circule autour de l'aiguille, quitte le multiplicateur de l'aiguille pour passer dans celui de la sonnerie, entre de nouveau dans la plate-forme *b* par le bout supérieur à droite, sort par le second bout du même côté, et quitte la station pour continuer sa course jusqu'à Douvres par le fil inférieur n° 1.

Second exemple : Un signal envoyé directement de Londres à Maidstone suit la même route jusqu'à son arrivéee à la plate-forme *c* : il entre alors par le bout supérieur de gauche, sort par le bout supérieur de droite, vient à gauche de la bobine gauche de l'instrument de Maidstone, n° 4, circule autour de la bobine, et continue sa route jusqu'à Maidstone par le fil 3, qui devient le n° 1 de l'embranchement de Maidstone à Paddock-Wood. Les plates-formes sont construites de telle manière qu'en même temps qu'elles établissent la communication avec une portion de la ligne, elles pourvoient complétement aux besoins des autres portions en mettant tous les fils qui conduisaient à la première portion en communication avec la terre, ce qui complète le circuit aussi loin qu'il aille. Ainsi, l'opération qui joint les fils supérieurs 1 et 2 avec Maidstone met la partie supérieure de l'appareil de Douvres n° 1 en communication avec la terre, et la correspondance reste libre entre Tonbridge et Douvres. En suivant des yeux et en sens inverse des flèches le fil qui vient de la bobine gauche de l'appareil n° 1, on

le retrouve au second bout à gauche de la plate-forme *c* ; la liaison établie par la plate-forme est telle que le circuit se continue par le second bout du côté opposé ; ce second bout communique avec le conducteur le plus bas du même côté, et celui-ci par un fil avec le fil de terre commun. La même chose a lieu pour le fil 2.

On comprendra mieux l'action de la plate-forme *a*, en montrant comment elle opère dans ses trois positions sur les deux fils qui, partis de l'appareil n° 5, viennent y aboutir. Quand le circuit se termine à la station de Tonbridge, le courant passe directement à travers la boîte au côté opposé, où l'on voit trois bouts communiquant avec la terre par un fil commun : quand on la tourne pour finir le circuit à Londres, la route du courant est au dehors de la boîte, du côté par lequel il entre ; et si le circuit doit se terminer à Douvres, le courant passe à travers le tambour pour sortir par la paire de fils qui passe entre les deux boîtes, et tout est disposé de telle sorte, que la terre, dans ce cas, communique avec celui des fils qui ne donne pas passage au courant.

Un mot seulement sur la plate-forme au seul fil *b*. Quand il n'y a pas d'accident, le tambour se présente aux ressorts de façon que les bouts en cuivre s'assemblent par paires, deux paires de chaque côté de la boîte : c'était sa position quand nous tracions la marche du courant à travers le fil 1. Mais admettons que les deux fils d'en bas ont été amenés au contact, et qu'il faille les réunir en un seul avec le multiplicateur de gauche de la station de Tonbridge : le fil d'en haut va du côté droit de la plate-forme à l'aiguille de gauche, et les deux fils du milieu sont les fils d'en bas ; il suffit de tourner le tambour de 90 degrés pour qu'une même lame de cuivre soit touchée à la fois par les trois ressorts, et unisse les deux fils avec une seule aiguille, en même temps que l'autre aiguille reste en dehors du circuit. Si l'accident avait lieu sur les fils supérieurs, on tournerait le tambour en sens inverse pour les faire communiquer avec une seule aiguille.

Le plan fait mieux comprendre aussi le jeu des sonneries. Dans la marche du fil n° 1, que nous avons tracée, le courant, après avoir traversé le multiplicateur gauche de l'instrument n° 1, passait dans la bobine ou électro-aimant de la sonnerie avant de s'élancer vers Douvres ; dans cette disposition le carillon aurait sonné ; mais, en tournant la poignée de la sonnerie, on ouvrirait un court circuit, et le courant passerait sans faire sonner par les fils plus gros + : ces fils se

continuent dans l'appartement, et l'employé peut aussi établir le court circuit à ‡ sans se lever de son siége. Le fil de la sonnerie de Maidstone n° 4 s'implante sur un troisième fil distinct de celui du multiplicateur. Le fil n° 5 I descend à l'électro-aimant, va de l'électro-aimant à la double touche sonnante, fig. 9, et de là il remonte au fil de terre T placé sur la tablette B. Le fil de la sonnerie de Tonbridge Wells n° 9 suit une marche semblable; il va seulement tout d'abord à la touche sonnante, ensuite à l'électro-aimant, puis au fil de terre: le fil 4 S, qui vient de Reigate, fonctionne de même. Le plan montre les contours des boîtes des sonneries avec les appuis sur lesquels elles posent, appuis auxquels les touches sonnantes sont fixées. Un appareil supplémentaire permet d'établir à chaque instant un court circuit, pour réduire au silence les sonnettes que le service des autres stations pourrait mettre en mouvement.

« Les dispositions que nous venons de décrire, dit en terminant M. Walker, se retrouvent dans toutes les stations, plus ou moins modifiées suivant les besoins de chacune d'elles. Cet aperçu rapide suffit pour faire comprendre au lecteur le plus inexpérimenté combien le service devient facile par un heureux arrangement des communications à établir entre les divers instruments. J'aurais pu m'étendre longuement sur les avantages de cette belle station; j'aurais pu montrer comment on peut recevoir une portion de la dépêche venant de Douvres sur une des extrémités de la table, en même temps que sur l'autre extrémité on transmet à Londres la première portion; comment on peut couper le fil conducteur sur plusieurs points pour éprouver sa conductibilité; comment on constate les variations de l'isolement et les augmentations de résistance, pour mettre en évidence les points faibles et les réparer; comment l'œil du chef de service peut de son cabinet, pendant le jour, et de son lit, pendant la nuit, s'étendre sur la ligne entière, transmettre les ordres en toute occurrence et en tout temps, avec la rapidité de la pensée, » etc., etc.

Il ne sera pas inutile d'ajouter encore quelques mots sur le vocabulaire du télégraphe à deux aiguilles et le mode de correspondance. Voici d'abord le vocabulaire complet.

A. Deux mouvements vers la gauche de l'aiguille gauche.

B. Trois mouvements vers la gauche de l'aiguille gauche.

C et 1. Deux mouvements de l'aiguille gauche; le premier à gauche, le second à droite.

D et 2. Deux mouvements de l'aiguille gauche ; le premier à droite, le second à gauche.

E et 3. Un seul mouvement de l'aiguille gauche vers la droite.

F. Deux mouvements à droite de l'aiguille gauche.

G. Trois mouvements de l'aiguille gauche vers la droite.

H et 4. Un mouvement vers la gauche de l'aiguille droite.

I. Deux mouvements vers la gauche de l'aiguille droite.

J est omis, on le remplace par G.

K. Trois mouvements vers la gauche de l'aiguille droite.

L et 5. Deux mouvements de l'aiguille droite ; le premier à droite, le second à gauche.

M et 6. Deux mouvements de l'aiguille droite ; le premier à gauche, le second à droite.

N et 7. Un seul mouvement vers la droite de l'aiguille droite.

O. Deux mouvements vers la droite de l'aiguille droite.

P. Trois mouvements vers la droite de l'aiguille droite.

Q est omis, on lui substitue K.

R et 8. Mouvements parallèles, vers la gauche, des deux aiguilles.

S. Deux mouvements parallèles, vers la droite, des deux aiguilles.

T. Trois mouvements parallèles, vers la gauche, des deux aiguilles.

U et 9. Deux mouvements parallèles des deux aiguilles ; le premier à droite, le second à gauche.

V et 0. Deux mouvements parallèles des deux aiguilles ; le premier à gauche, le second à droite.

W. Un mouvement parallèle des deux aiguilles vers la droite.

X. Deux mouvements parallèles des deux aiguilles vers la droite.

Y. Trois mouvements parallèles des deux aiguilles vers la droite.

Z est omis, on lui substitue S.

Le signe +, appelé *stop* par les anglais, est le point final par lequel celui qui envoie la dépêche annonce que le mot est fini ; il s'indique par un mouvement de l'aiguille gauche vers la gauche. Ce signe sert aussi à celui qui reçoit la dépêche pour indiquer qu'il ne comprend pas : quand il comprend, il montre la lettre E : deux fois E, ou deux mouvements de l'aiguille gauche s'emploient pour dire *oui*.

Les mots *attendez*, *allez toujours*, gravés sur l'instrument, sont d'utiles signaux. Si Londres s'adresse à Douvres quand Douvres est occupé et ne peut prêter attention à la correspondance que Londres veut entamer, Douvres dirige le bout inférieur de ses aiguilles sur la

lettres R, et dit par là même : *attendez*. Quand il est redevenu libre et prêt à recevoir le message, il dirige les aiguilles sur W, ce qui veut dire : *allez*.

Il est surtout important pour les deux stations qui ouvrent une correspondance de bien s'entendre avant que de commencer. Il faut que celui qui reçoit sache qui lui envoie, et que celui qui envoie un message sache bien si c'est la station avec laquelle il veut correspondre qui le reçoit réellement. On grave au-dessus des six grandes lettres R, C, E, H, N, W les noms des six stations du groupe, et ces stations seront désormais toujours désignées par ces lettres. Dans l'appareil, fig. 12, R est Londres, E Tonbridge, H Ashford, N Folkstone, W Douvres. Si maintenant Londres veut correspondre avec Tonbridge, il dirige pendant quelques instants son aiguille sur E; chaque mouvement fait sonner le timbre de Tonbridge, qui, comme nous l'avons vu, se trouve sur le même fil que l'aiguille gauche; l'attention de l'employé est éveillée; il fait sortir sa sonnerie du circuit, et transmet à Londres le même signal, ce qui veut dire implicitement : *C'est bien, je suis à mon poste :* Londres est alors sûr d'être attendu à Tonbridge. Il dirige alors l'aiguille sur la lettre R qui le désigne sur Londres, et Tonbridge sait à son tour que c'est Londres qui lui parle, et en répétant ce même signal R, il dit qu'il l'a reçu. Londres alors sonne de nouveau à Tonbridge, la correspondance commence, et Tonbridge montre après chaque mot la lettre E, *compris*, ou la croix +, *pas compris.* Quand la dépêche est achevée, Londres produit deux déviations de l'aiguille gauche vers la gauche; l'employé de Tonbridge les reproduit s'il n'a rien à ajouter, et procède à la transmission de la dépêche à sa destination ultérieure.

Deux employés du télégraphe peuvent modifier leur vocabulaire, de telle sorte que les stations intermédiaires qui voient leurs signaux ne puissent pas les déchiffrer. Ils peuvent convenir, par exemple, que les déviations à droite se liront à gauche et réciproquement, pour l'une des aiguilles ou pour toutes deux; 2° que l'aiguille gauche deviendra une seconde aiguille droite, ou l'aiguille droite une seconde aiguille gauche; 3° que l'aiguille droite deviendra l'aiguille gauche, et l'aiguille gauche l'aiguille droite, etc., etc.

Les chiffres sont écrits sous certaines lettres, et le signe II suivi d'une croix + indique que c'est le chiffre qu'on va montrer et non la

lettre correspondante. Pour éviter toute erreur, le correspondant répète aussitôt le même signe H +, indiquant par là qu'il attend un chiffre et non pas une lettre. La lettre W interposée entre les chiffres sert à séparer les fractions complexes ou décimales. Ainsi H E W N signifie ou 43 livres 7 sous, ou 43 pieds 7 pouces, ou 43 heures 7 minutes, etc. Des signaux spéciaux indiquent les périodes, les paragraphes, les mots soulignés, ou d'autres circonstances importantes : les employés ont inventé un signal pour rire et pour exprimer leur étonnement, etc., etc. Les employés anglais sont si bien exercés qu'ils expédieraient les dépêches les plus difficiles, alors même qu'aucune lettre, ou chiffre, ou signal ne seraient indiqués sur le cadran de leur appareil.

L'extension que l'on peut donner au secret des correspondances est illimitée. Le gouvernement et les particuliers peuvent, quand il leur plaît, écrire leurs dépêches en langage mystérieux, ou intervertir à volonté l'ordre des lettres de l'alphabet, de sorte qu'ils aient seuls la clef de l'énigme. Ce fait se reproduit souvent en Angleterre, où les messages à transmettre sont reçus avec la déclaration qu'ils sont secrets. Comme ce message a une bien plus grande importance pour celui qui l'apporte ou qui le reçoit, et qu'il exige de la part des employés plus de temps et de précautions, le prix de transmission est beaucoup plus élevé. Le mode le plus simple de vocabulaire secret consiste à faire dépendre la valeur des lettres d'un élément mystérieux, une phrase, une sentence, le nom d'un grand homme, etc., etc. Supposons par exemple que la dépêche à transmettre soit celle-ci : *Attaquez l'ennemi dans son camp*, et qu'on prenne pour clef : *Allons, enfants de la patrie*, en admettant que les vingt-cinq premières lettres différentes de ce vers répété représenteront les vingt-cinq lettres de l'alphabet; alors les lettres qui signaleront la dépêche en question seront *a e e o d n i m q f a h h q t s a g d a b n n t a c.*

Tous les juges compétents s'accordent à dire que le plus excellent des télégraphes électriques, généralement parlant, est le télégraphe à deux aiguilles que nous venons de décrire. Quoiqu'il exige l'emploi de deux fils, il mérite la préférence dans le plus grand nombre des cas, à cause de sa simplicité, de son infaillibilité presque absolue, de la facilité avec laquelle les manivelles se prêtent aux mouvements à exécuter, de la rapidité de transmission des dépêches, etc., etc. : aussi le télégraphe à deux aiguilles est-il le plus universellement

adopté en Angleterre. M. Bréguet nous a affirmé que s'il avait été libre, que si l'administration ne s'était pas cru liée par les antécédents du télégraphe de Chappe, il n'aurait pas hésité à installer sur les lignes françaises le télégraphe à deux aiguilles. Dans quelques circonstances particulières, cependant, les télégraphes à lettres ou à imprimer les dépêches, que nous décrirons bientôt, satisferont mieux aux besoins du service.

Il nous semble inutile de décrire et de figurer le télégraphe à quatre aiguilles, employé sur le chemin de fer anglais le Great-Western : les manivelles sont remplacées par des touches, et une disposition particulière des fils conducteurs facilite la manœuvre.

## TÉLÉGRAPHE A DEUX AIGUILLES ADOPTÉ EN FRANCE.

Le système télégraphique adopté par l'État, sur toutes les lignes françaises, se compose essentiellement :

1° D'une pile ;

2° D'un conducteur ;

3° D'un appareil manipulateur ;

4° D'un appareil récepteur.

La pile fournit à volonté un courant que le conducteur transmet d'un bout à l'autre de la ligne. Le manipulateur, placé dans la station où se trouve la pile, règle de lui-même l'emploi du courant et forme des signaux que le récepteur reproduit à la station opposée.

*Pile.* — La pile en usage est celle de Bunsen.

*Conducteur.* — Le conducteur a été d'abord un fil de cuivre ; on emploie maintenant un fil de fer. Le fil de fer est un conducteur plus imparfait, mais il coûte beaucoup moins et se brise beaucoup moins facilement. Nous supposerons un fil de fer, soigneusement isolé entre deux stations *A* et *B*, de telle façon qu'un courant, parti de la station *A*, arrive à la station *B* sans avoir éprouvé aucune altération. En d'autres termes, nous supposons que, la pile donnant 20° à la boussole de la station *A*, une boussole comparée, placée à la station *B*, donne aussi 20°.

*Appareil récepteur.* — *A*, fig. 1, planche VIII, est un cylindre de laiton renfermant un ressort d'horlogerie et portant une roue dentée qui engrène un pignon ; l'axe de ce pignon porte une deuxième roue dentée, qui engrène un deuxième pignon, etc., etc. Enfin, l'axe

du dernier pignon porte une roue d'échappement *b b* ayant quatre dents. On monte l'appareil comme une montre, avec une clef qu'on fait tourner sur le carré *c*. Le ressort d'horlogerie étant alors tendu, et sa force de tension se transmettant à la roue d'échappement par le système des pignons et des roues dentées, la roue *b* tend à tourner d'une manière continue ; mais elle est retenue par une ancre ou fourchette oblique *d*, fixée à un axe horizontal *e f* et pouvant décrire avec lui un petit arc autour de la ligne *e f*. L'amplitude de cet arc, l'ouverture de l'ancre, ses dimensions et celles de la roue d'échappement, sont calculées de telle façon que, pour une oscillation complète de l'ancre *d*, la roue d'échappement ne peut échapper que d'une dent. L'axe *ef* se termine par une petite fourchette *f* qui lui est fixée. Entre les deux branches de cette fourchette passe le coude horizontal d'un levier vertical *mn*, terminé par une plaque de fer doux *pnq*, et mobile autour de *pq*. Deux boutons à vis *x* et *y*, placés en regard l'un de l'autre, et pouvant se rapprocher ou s'éloigner dans le sens des oscillations du levier, en règlent à volonté l'amplitude. En regard de la plaque *pnq*, et à une très-petite distance, se trouve un électro-aimant E. La plaque *pnq* est retenue dans son plus grand éloignement de l'électro-aimant par un ressort à boudin *r*.

Toutes ces diverses pièces sont renfermées dans une boîte fig. 2. L'axe de la roue d'échappement sort de cette boîte en *a* et porte à cette extrémité une petite aiguille noire. Dans la même boîte, et à côté, se trouve un autre système tout à fait pareil. La pointe de l'axe de la roue d'échappement de ce deuxième système sort de la boîte en un point *a'*, situé sur la même horizontale que *a ;* elle porte aussi une petite aiguille noire. Ces deux aiguilles sont les *indicateurs* d'un télégraphe horizontal.

Le ressort à boudin *r* est relié à un fil qui va s'attacher à la gorge d'une poulie *g*. L'axe de cette poulie sort de la boîte au point *h* et porte une aiguille mobile sur un cadran divisé : il se termine par une partie carrée, disposée de manière à recevoir une petite clef. L'employé peut ainsi, sans ouvrir la boîte de son appareil, tendre ou détendre le ressort et apprécier le degré de tension par les divisions du cadran.

Tel est l'*appareil récepteur* destiné à reproduire les signaux à la station qui reçoit : nous allons voir comment on les obtient par les passages et les interruptions successifs d'un courant.

*Signaux.* — Si on fait passer un courant dans le fil de l'électro-aimant, le fer doux devient un aimant, la plaque *pnq* est attirée, l'axe *ef*, entraîné par le coude du levier *m n* et par la fourchette *f*, fait une demi-oscillation ; il en est de même de l'ancre *d*. Une des dents de la roue d'échappement passe entre les branches de l'ancre, et la roue tourne de 45°. L'indicateur du télégraphe tourne du même angle, de sorte que, s'il est parti de la position horizontale, la figure qu'il représente maintenant est le signe 2, fig. 3 ou le signe 2′, suivant la direction de l'échappement. Dans tous les appareils, les dispositions sont prises pour que ce soit le signe 2. Si on interrompt le courant, l'ancre revient à sa première position, la dent de la roue d'échappement se dégage, et la roue tourne encore de 45° ; il en est de même de l'indicateur, et on a le signe 3. En faisant passer de nouveau le courant, en l'interrompant encore, on obtiendrait les signes 4, 5, 6, 7, 8, 1, fig. 3.

On obtiendrait de la même manière les huit positions de l'autre indicateur : 2′ 3′ 4′ 5′ 6′ 7′ 8′ 1′.

En combinant chacune des positions du premier indicateur avec toutes les positions du deuxième, on obtient 64 signaux différents représentés fig. 4. Chaque signal sera indiqué par les nombres réunis des deux colonnes de la fig. 4, dont il est le point de rencontre, en commençant toujours par le nombre de la colonne verticale, on écrira donc 2 2′, 2 3′, etc., etc., etc.

Pour dénommer ces signaux, on est toujours convenu d'appeler cinq, dix, quinze, les angles de 45°, de 90° et de 135 degrés, et d'ajouter *ciel* ou *terre*, suivant que l'indicateur est au-dessus ou au-dessous de l'horizontale. La dénomination commence toujours par la gauche : ainsi, le signe 6 3′ s'appelle *quinze-ciel*, *dix-terre*.

Lorsque l'indicateur est sur l'horizontale, on dit zéro ; lorsqu'il est sur son prolongement, on dit *grand zéro :* ainsi, 2′ s'appelle zéro cinq-terre, et 5 3′ grand zéro cinq-terre.

Dans la correspondance, on n'emploie aucun des signaux où se trouve un grand zéro ; on les conserve pour des phrases conventionnelles d'un usage journalier pour les besoins du service.

5 sert à obtenir les signaux verticaux : ainsi, on est convenu que toutes les fois que, dans une transmission, le signal 5 se présentera, on ne devra en tenir compte que pour écrire verticalement le signal suivant : exemple : 5, 7 4′ indique que 7 4′ doit être écrit

verticalement et devient ♩. Il faut toujours relever le signal par la gauche.

*Manipulateur.* — Pour faire le signal 7 4′, il suffit que dans l'électro-aimant de gauche le courant passe trois fois et soit trois fois interrompu, et que dans l'électro-aimant de droite il passe deux fois et soit seulement interrompu une fois. Le manipulateur pourrait donc se réduire à une simple touche, au moyen de laquelle l'employé établirait ou interromprait le courant suivant la forme du signal. Mais, obligé de la sorte à compter le nombre de ses mouvements pour produire un signal donné sur un récepteur qu'il n'a pas sous les yeux, il aurait besoin de donner à son travail une attention trop fatigante, ce qui pourrait nuire à l'exactitude et à la vitesse. On a alors imaginé un appareil sur lequel l'employé forme le signal avec deux manivelles. Les dispositions sont telles que la série nécessaire des passages et des interruptions du courant se produit par le fait même de la manipulation.

Une roue en bois à quatre cames, *A*, fig. 4, est boulonnée à l'extrémité d'un arbre en fer *pp* : cet arbre tourne dans une douille *B*, placée au sommet d'une colonne verticale *C*, tout entière en métal. La douille B se termine, du côté opposé à la roue à cames, par une plaque métallique circulaire *D*, sur la circonférence de laquelle on a pratiqué huit entailles à 45° les unes des autres, à partir du diamètre horizontal : on appelle cette pièce le *diviseur*. Du même côté se trouve adaptée à l'arbre *pp* une manivelle à ressort *M*, munie d'une dent *f* pouvant entrer dans les entailles du diviseur et y être maintenue par la pression du ressort. La manivelle *M*, fig. 4 et 5, l'arbre *pp* et la roue *A* tournent ensemble. Si, dans la rotation, la manivelle s'arrête dans chaque entaille du diviseur, il est aisé de voir qu'elle figurera avec l'horizontale les angles télégraphiques.

Le pied de la colonne présente, dans la partie située au-dessous de la roue à cames, une masse d'ivoire dont la surface *ab* est inclinée. Deux petites surfaces de laiton *a* et *b* sont isolées entre elles dans la masse de l'ivoire et ne communiquent métalliquement avec aucune pièce de l'appareil. Un ressort en acier *ca*, mobile autour du centre *c*, s'appuie par son extrémité *a* sur la surface d'ivoire; il fait corps avec la partie *cd* située au delà du centre *c*. En *d* est un petit rouleau qui, pressé par un ressort *ge*, s'appuie constamment sur la jante de la roue *A ;* il est destiné à adoucir le frottement. Les dimensions

des cames et la longueur du ressort *ca* sont calculées de telle façon que, si la roue vient à tourner, l'extrémité *a* du ressort *ca* passe successivement de *a* en *b*, mais ne dépasse pas ces deux limites. On voit aisément que, la roue ayant quatre cames, pour une rotation entière de la manivelle, le ressort exécutera quatre oscillations complètes; les cames étant symétriquement disposées, il ira de *a* en *b* ou de *b* en *a* pour chaque rotation partielle de 45°. L'axe de rotation en *c* est en métal, il est fixé sur la colonne, qui se trouve par cela même constamment en communication métallique avec le ressort *ca*. Trois boutons à vis, disposés pour recevoir des bouts de fils, sont placés l'un sur *a*, l'autre sur *b*, et le troisième en un point quelconque *h* de la masse métallique de la colonne.

Supposons maintenant que, dans l'état de repos, c'est-à-dire la manivelle étant horizontale, le ressort *ca* s'appuie sur la surface *a*. On attache un des pôles de la pile au fil de terre, l'autre au bouton *b*, et le fil de la ligne au bouton *h*. Tout ceci se passe à la station A. A la station B, on attache le fil de la ligne à un des bouts du fil de l'électro-aimant de l'appareil récepteur, tandis que l'autre bout est attaché au fil de terre. Le bouton *b* étant isolé, le courant ne peut pas se produire; mais si on amène la manivelle à 45° de sa position, c'est-à-dire au *cinq-terre*, l'extrémité *a* du ressort *ca* vient sur *b*, et le courant peut passer de la pile au bouton *b*, au bouton *h*, par le ressort et la colonne, sur la ligne, dans l'appareil récepteur de la station B et dans la terre. En passant dans l'appareil récepteur, il fait agir l'électro-aimant sur le levier, la roue d'échappement tourne de 45° et l'indicateur du télégraphe passe au *cinq-terre*. Si on amène la manivelle au *dix-terre*, le ressort *ca* revient sur *a*, le courant ne passe plus, le levier retombe, la roue d'échappement tourne de 45° et l'indicateur passe au *dix-terre*, etc. Ainsi l'indicateur figurera sur le télégraphe de la station B le signal que l'employé fera sur le manipulateur de la station A.

Nous n'avons encore assigné aucune destination au bouton *a*. Il va nous servir à recevoir le courant de la station B par le même fil qui a transmis celui de la station A, sans qu'on ait besoin de rien déranger. Il suffit pour cela de prendre les dispositions suivantes :

*Disposition pour transmettre et recevoir par le même fil.* — Pour simplifier la question, nous ne parlerons d'abord que d'un

seul fil et d'un seul indicateur ; il sera ensuite facile de passer à deux fils, deux manivelles et deux indicateurs.

Chaque station a son récepteur, son manipulateur et sa pile. Dans chacune d'elles on attache 1° un pôle de la pile au fil de terre ; 2° l'autre pôle au bouton *b* ; 3° le fil de la ligne au bouton *h* ; 4° une des extrémités du fil de l'électro-aimant au bouton *a* ; 5° l'autre extrémité au fil de terre. Dans la figure 6, les piles $P$, $P'$ sont représentées chacune par un élément, les récepteurs par leurs électro-aimants $E$, $E'$, et les manipulateurs par les trois boutons $a$, $b$, $h$, $a'$, $b'$, $h'$, et par les ressorts $ca$, $c'a'$, qui, comme on le sait, doivent toujours être en communication métallique avec les boutons $h$, $h'$. La ligne est dans l'état de repos. On voit en effet qu'aux deux stations A et B, les ressorts des manipulateurs étant sur les communications $a$ et $a'$, les deux piles sont sans action. Mais si l'employé de la station A fait un *cinq-terre* avec sa manivelle, le ressort passe de $a$ sur $b$ et se dispose comme l'indique la figure 7. Le bouton $a$ est maintenant isolé, par conséquent le courant parti de la pile $P$ s'en va sur la ligne sans passer par l'électro aimant $E$, arrive en $a'$, passe par le ressort et par $h'$, entre dans le fil de l'électro aimant E', forme par conséquent un *cinq-terre* sur le récepteur de la station B et s'en va à la terre. Si A repasse à l'état de repos, $B$ peut, en faisant un *cinq-terre*, lui envoyer son courant par $b'$, la ligne $a'$, le ressort $h'$, le fil de $E$ et la terre.

Ainsi au moyen de la terre on économise un fil pour le retour du courant, et, au moyen des deux boutons $a$ et $b$ qui mettent, lorsqu'il le faut, l'appareil ou la pile en communication avec la ligne, on peut se servir du même fil pour transmettre ou recevoir.

Il est maintenant facile de se rendre compte de la marche des appareils avec deux indicateurs ; pour cela, il y a deux fils sur la ligne, l'appareil à signaux se compose de deux parties identiques ; il en est de même du manipulateur : ce sont deux lignes à côté l'une de l'autre ; mais il n'est pas nécessaire d'avoir deux piles. On en prend une seule, on attache son pôle zinc au fil de terre, et on dérive son pôle cuivre sur chacun des deux fils. Elle fournit à un seul en particulier ou à chacun des deux à la fois une même quantité d'électricité ; mais elle dépense deux fois plus dans le deuxième cas, pourvu cependant que sa résistance soit négligeable devant celle de la ligne : car s'il en était autrement, la résistance totale ne serait pas diminuée de moitié lors-

qu'on passerait du cas d'un seul fil au cas de tous les deux, et l'intensité du courant principal ne serait pas doublée. Cette intensité se partage entre les deux fils : la quantité de courant qui passerait par chacun d'eux serait donc plus faible lorsqu'ils agiraient simultanément.

La figure 9 représente la disposition générale des fils avec des appareils doubles.

*Comment il faut d'abord régler un récepteur.* — Nous avons supposé que la ligne était tellement bien isolée que le courant se transmettait d'un bout à l'autre sans éprouver aucune altération. Supposons toujours cette condition remplie ; il faut néanmoins que l'intensité du courant soit assez grande pour développer dans le fer de l'électro-aimant une force magnétique susceptible de vaincre l'inertie du levier, la force du ressort et les divers frottements qui se produisent : cette intensité peut être déterminée à l'avance, sans le secours de la ligne, dans le cabinet. Elle dépend évidemment de la tension que l'on donne au ressort et de la distance du fer de l'électro-aimant à la plaque du levier. Cette distance doit être telle, que, dans le cas de l'attraction, le fer de l'électro-aimant et la plaque du levier, aussi rapprochés qu'on le voudra, ne se touchent cependant pas ; car le fer n'étant jamais parfaitement doux, et l'attraction magnétique au contact devenant excessivement énergique, on aurait à craindre un excès de force retardatrice qui gênerait la rapidité des mouvements. Cette condition étant remplie, on donne au ressort la tension nécessaire pour rappeler le levier avec rapidité, et on cherche, en augmentant graduellement l'énergie de la pile, le degré de la boussole que donne, en passant par l'électro-aimant, le courant nécessaire pour que le récepteur fonctionne : lorsque ce récepteur est employé sur une ligne, on fait connaître ce degré : toutes les boussoles sont comparées : l'employé n'a donc qu'à demander à son correspondant le nombre d'éléments de pile qu'il faut pour que le courant qui lui arrive, passant dans son appareil et dans sa boussole, donne le degré qui lui a été désigné.

*Conditions d'une grande vitesse.* — Pour obtenir une grande vitesse, il est bon de donner au ressort un excès de tension et de se servir d'un courant un peu plus intense. Il faut en outre que le fer soit aussi doux que possible et le ressort d'horlogerie très-fort ; mais ces deux dernières conditions ne dépendent plus de l'employé, c'est

lorsque le constructeur livre son appareil qu'il faut examiner si elles sont bien remplies.

Toutes ces dispositions étant exactement observées, et la ligne étant toujours en bon état, un employé fait cent signaux à la minute, et le récepteur les reproduit fidèlement. On a même dépassé cette limite.

*Moyen de reconnaître une erreur et de la corriger.* — Pour corriger les erreurs de transmission on se sert des *pédales* de l'appareil et de l'*interrupteur de pile.*

*Pédales.* — Un ressort assez éloigné de la plaque du levier pour ne pas gêner ses mouvements peut presser sur elle à volonté, faire osciller le levier, et par conséquent faire tourner l'échappement et l'indicateur du télégraphe. Il est mis en mouvement, sans ouvrir la boîte du récepteur, au moyen d'une petite tige dont l'extrémité se présente extérieurement à la portée.

*Interrupteur de pile.* — Sur la surface d'un petit plateau circulaire en bois *A* est incrustée une languette métallique *ab*, portant à son extrémité *b* un bouton à vis. En *c* se trouve une incrustation métallique et un autre bouton. Une languette métallique *ae*, qu'on peut faire mouvoir autour du centre au moyen du bouton *d*, se recourbe de manière à presser sur la surface du bois par son extrémité *e; ae* et *ab* communiquent métalliquement par le centre *a*. On peut donc, en tournant le bouton *d*, établir ou interrompre à volonté la communication métallique entre les boutons *b* et *c*.

On place ce petit appareil entre la pile et le manipulateur, c'est-à-dire que l'on attache au bouton *b* le fil venant du pôle cuivre, et que l'on fait partir de *c* un fil qui va s'attacher au manipulateur; de sorte que, la manivelle étant au *cinq-terre*, le courant ne passera pas si les boutons *b* et *c* de l'interrupteur ne sont pas en communication.

Nous sommes maintenant en mesure de corriger une erreur aussitôt qu'elle se présentera.

Dans les transmissions secrètes, l'employé, ne voyant que la forme du signal, n'a rien pour lui indiquer une erreur de l'appareil; il est alors convenu qu'on ramènera le télégraphe au repos après chaque série de dix signaux. Cela s'appelle *donner le fermé réglementaire.* Le papier sur lequel on écrit étant divisé en conséquence, on n'a pas besoin de compter pour savoir là où commence une dizaine et là où elle finit.

Lorsque le fermé réglementaire n'arrive pas, on tourne la manivelle

pour envoyer le courant, et indiquer par là au correspondant que sa transmission devient irrégulière. Le courant qu'il envoie détruisant celui qu'on cherche à lui faire parvenir, il semble qu'il ne doive recevoir aucun avertissement ; mais si l'on a soin de tourner rapidement, on parvient toujours à profiter d'une de ses interruptions de courant et son récepteur fonctionne. Il arrête à l'instant sa transmission. Chacun ramène ses indicateurs et ses manivelles au fermé. Ces deux opérations se font à la main. On se sert des pédales pour ramener les indicateurs, mais il faut avoir soin de couper la communication sur l'interrupteur pendant qu'on ramène les manivelles, afin de ne pas envoyer sur la ligne des courants qui, faisant marcher le récepteur du correspondant, l'empêcheraient d'arriver au fermé que de son côté, et au même moment, il cherche à obtenir en agissant sur ses pédales. On demande ensuite la répétition de la dernière dizaine et la transmission continue. Cette rectification n'exige pas certainement, pour être faite, autant de temps que nous mettons à le dire ; c'est l'affaire de quelques secondes.

Pour la transmission en lettres, on a pris vingt-six signaux sur les soixante-quatre que fournit le télégraphe, et chacun d'eux signifie une lettre ou une de ces terminaisons qui se reproduisent souvent. La figure 3 *bis* donne les signaux correspondants aux diverses lettres et aux terminaisons.

L'employé connaît les lettres, il comprend la transmission en la suivant, il lit pour ainsi dire sur son récepteur. Dès lors, le fermé réglementaire après la dizaine devient inutile. Cependant, pour plus de clarté, on donne un fermé (—) à la fin de chaque mot. Dans le cas d'une irrégularité, on fait répéter le dernier mot de la même manière qu'on a fait répéter la dernière dizaine dans la transmission en signaux. Il arrive souvent que, pour économiser du temps, lorsque celui qui reçoit n'a pas compris, il fait rapidement un tour de manivelle, et le correspondant répète le dernier mot, sans qu'il soit nécessaire de lui préciser la question.

*Travail avec un seul fil, une seule manivelle et un seul indicateur.* — Lorsque, par une cause quelconque, un des fils vient à faire défaut, on travaille avec une seule manivelle. Le signal se fait alors en deux temps. Avec la manivelle disponible, on figure successivement les deux angles télégraphiques que contient le signal, en commençant toujours par l'angle de gauche. Ainsi, pour indiquer

55′, 84′, 17′, 11′, 28′, avec la manivelle gauche on figurerait : 55, 84, 17, 11, 28 ; avec la manivelle droite on figurerait : 5′ 5′, 8′ 4′, 1′ 7′, 1′ 1′, 2′ 8′.

La vitesse n'est pas diminuée de moitié, comme on pourrait se le figurer au premier abord. On parvient avec une seule manivelle aux deux tiers de la vitesse que l'on atteint avec deux.

MANIPULATION. — Si on veut que l'indicateur et la manivelle figurent le même signal, il est indispensable de tourner cette dernière toujours dans un même sens, qui doit être celui de la rotation de l'échappement. Nous avons déjà indiqué le sens adopté pour tous les récepteurs ; il faudra donc, en partant du fermé, abaisser la manivelle et avancer toujours dans ce sens pour passer au signal suivant.

On imprime à la manivelle un mouvement de rotation d'une vitesse uniforme, si on tourne son bras d'une manière uniforme ; mais l'indicateur, obéissant instantanément au passage du courant, doit nécessairement changer de position par sauts brusques. C'est pour cela qu'il ne faut pas dépasser avec la manivelle l'entaille du diviseur qui correspond au signal que l'on veut faire, car le ressort du manipulateur arrive sur le contact de la pile, et l'indicateur passe brusquement à la position suivante, lorsque la manivelle en est encore éloignée. Pour ne pas occasionner de faux signaux, on doit donc s'habituer à faire entrer, à la fin de chaque développement, les dents des deux manivelles dans les entailles du diviseur. Cette précaution si utile n'est pas une cause de lenteur pour l'employé qui, dès le principe, en a contracté l'habitude.

Dans une manipulation rapide, pour que la lecture des signaux sur le récepteur soit facile, 1° il faut faire en sorte que les deux manivelles arrivent en même temps aux deux positions qui déterminent le signal ; 2° il faut mettre toujours le même intervalle entre deux signaux consécutifs. La première précaution rend le signal plus clair, mieux défini et facile à saisir au premier coup d'œil ; la seconde donne à celui qui reçoit la faculté de régler son attention, qui devient alors moins fatigante.

Telles sont les conditions qu'il faut remplir pour bien manipuler, c'est-à-dire pour faire sur le récepteur des signaux exacts et faciles à lire.

Les surnuméraires ont une tendance à vouloir d'abord obtenir une grande vitesse ; cette tendance est mauvaise. Qu'ils s'habituent d'abord

à un travail régulier, ils acquerront ensuite par l'usage une vitesse uniforme et véritable, au lieu de cette vitesse apparente, qui n'a d'autre résultat que d'occasionner un grand nombre de répétitions et d'allonger ainsi la durée des transmissions.

*Disposition d'un poste télégraphique.* — Dans les cas de dérangement on se sert de plusieurs petits appareils, connus généralement sous le nom de *commutateurs*, parce qu'ils servent à changer à volonté la marche du courant. Ils réalisent des dispositions simples et commodes plutôt qu'indispensables. Ce sont de ces choses qu'on invente à mesure qu'on en a besoin, et il eût été peut-être plus naturel d'attendre une occasion pour en parler; mais cette méthode eût embarrassé l'exposé des faits, sans jeter aucune clarté sur les explications.

La fig. 9 représente la disposition d'un *poste télégraphique*. Les commutateurs sont tous à leur place. Nous allons leur donner un nom, les décrire et indiquer leur fonction. Il nous suffira, dans la suite, toutes les fois que nous en aurons besoin, de les rappeler par leur dénomination.

Pour simplifier les dessins, nous avons réduit le récepteur $A$ à ses deux électro-aimants et le manipulateur $B$, $B$, à ses trois communications métalliques.

*Interrupteur de pile.* — $e$ est l'interrupteur de pile que nous connaissons déjà. Il est placé sur le fil venant de la pile, avant d'arriver au manipulateur. Il sert à interrompre le courant que l'on envoie.

*Commutateur complexe.* — $D$ est le commutateur complexe. Il est placé sur les fils de la ligne, au delà du manipulateur. Toutes les parties ombrées sont métalliques et fixes, à l'exception des deux languettes, $m\,o\,n$, $m'\,o'\,n'$, qui sont mobiles autour des centres $o$, $o'$. On réunit les points $a$, $a'$ aux communications $e$, $e'$, du manipulateur. On attache $f$ au fil de terre, et $c$, $c'$ aux fils de la ligne. La forme des parties métalliques $o\,d\,c$, $o'\,d'\,c'$, est telle, que les extrémités $n$, $n'$ sont toujours en communication avec les fils de la ligne par $c$, $c'$, lorsque les extrémités $m$, $m'$ sont successivement amenées sur $a$, $a'$, sur $b$, $b'$, ou sur $o$, $o'$. Il résulte de là que, les languettes mobiles étant dans la position indiquée sur la figure, la ligne est coupée et ses fils n'ont aucune communication avec les appareils du poste. Si on amène les extrémités $m$, $m'$ au contact de $a$, $a'$, la communication est rétablie et les appareils sont en mesure de fonctionner. Si on les

amène toutes les deux au contact de *f*, les deux fils de la ligne sont directement en communication avec la terre, et tous les courants qui arrivent vont se perdre dans le sol sans traverser les appareils. Enfin, si, *m* étant en contact avec *a*, on amène *m'* sur *o*, les deux fils de la ligne seront tous les deux en communication avec le côté gauche du récepteur et du manipulateur ; tous les courants venant des fils de la ligne passeront par le côté gauche de l'appareil, et ceux qu'on enverra par le côté gauche du manipulateur se diviseront sur les deux fils de la ligne : on dit alors que les deux fils sont réunis à gauche. On pourrait de même les réunir à droite.

Nous n'avons rien dit des communications *b*, *b'* ; elles nous serviront un peu plus loin.

*Commutateurs de récepteur.* — *E*, *E'* sont les commutateurs de récepteur : ils servent à changer le sens du courant dans le fil des électro-aimants ; ils sont placés sur les fils qui vont du manipulateur au récepteur et du récepteur à la terre. Décrivons le commutateur *E* : *E'* lui est identique. *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, sont des parties métalliques fixes ; *a* et *e* communiquent entre elles par un fil incrusté en dessous dans la masse du bois. Deux languettes métalliques *m o n*, *p o q*, sont mobiles autour du centre. On attache en *b* le fil venant du bouton *a* du manipulateur, en *a* le fil de terre, en *e* un des bouts du fil de l'électro-aimant, et l'autre en *d*. Si les languettes mobiles se trouvent sur *ad* et *be*, le courant entre par *e* dans l'électro-aimant et sort par *d* ; si on leur imprime un petit mouvement de rotation, de manière à les amener en *bd* et *ce*, le courant entrera par *d* et sortira par *e* : il parcourra donc l'électro-aimant en sens inverse, dans les deux cas.

*Régulateur de pile.* — *F* est le régulateur de la pile : il est placé entre la pile et l'interrupteur ; c'est lui qui sert à augmenter ou à diminuer le nombre des éléments qui envoient le courant sur la ligne ; *a*, *b*, *c*, *d*, *e* sont 5 parties métalliques fixes : celle qui part du point *a* va seule jusqu'au centre, où elle communique avec une languette *m o*, dont l'extrémité *m* peut être successivement amenée au contact de *b*, *c*, *d*, *e*. La figure représente, en *P*, une pile de 12 éléments. Le pôle zinc libre du dernier étant mis en communication avec la terre, on réunit par des fils le pôle cuivre du 4e, avec *b* ; celui du 8e, avec *c* ; celui du 10e avec *d*, et celui du 12e, avec *e* ; *a* est réuni avec le bouton *a* de l'interrupteur, de sorte qu'en amenant successivement l'ex-

trémité $m$ au contact de $b$, de $c$, de $d$ et de $e$, on peut envoyer sur la ligne le courant de 4, de 8, de 10 ou de 12 éléments.

*Déviations.* — Au moyen de la boussole $G$ et des commutateurs $H$, $I$, $K$, on peut mesurer les intensités du courant,

1° Reçu ou envoyé par le fil supérieur ;

2° Reçu ou envoyé par le fil inférieur ;

3° Provenant des dérivations du fil supérieur au fil inférieur, et réciproquement ;

4° Provenant des dérivations de chacun des fils à la terre.

Ces opérations étant faites par chacun des deux postes correspondants, on obtient ainsi 16 nombres, 8 dans chaque poste, qui, par leur comparaison, donnent une idée de l'état d'isolement de la ligne ; cela s'appelle *prendre les déviations.* Voici les dispositions adoptées et la manière d'opérer :

Les commutateurs $H$, $I$, $K$, connus sous le nom de *commutateurs de déviations*, se composent tout simplement de deux parties métalliques fixes $a$, $b$, avec lesquelles on peut mettre en communication, au moyen d'une languette mobile, un bouton $c$ placé au centre, et pouvant recevoir un fil. Aux points $c$, $c'$ du commutateur complexe, les fils de la ligne sont dérivés sur les points $a$ et $b$ de $H$. Le centre $c$ de $H$ est attaché à une des extrémités du fil de la boussole ; l'autre extrémité de ce fil est attachée au bouton $c$ de $I$. Le point $b$ de $I$ est réuni au bouton $b$ de l'interrupteur de pile, tandis que $a$ de $I$ communique au fil de terre.

Coupons maintenant la ligne sur le commutateur complexe, en amenant les extrémités $m$, $m'$ sur le bois ; mettons en communication le centre $c$ de $I$ avec son point $b$, faisons la même opération sur $H$ : nous envoyons maintenant le courant sur la ligne par le fil supérieur ; ce courant passe dans le fil de la boussole, et nous pouvons en mesurer l'intensité. Nous obtiendrons de même l'intensité du courant envoyé par le fil inférieur, en amenant de $b$ sur $a$ la languette mobile de $H$.

Si nous voulons recevoir le courant envoyé du poste correspondant, amenons la languette de $I$ en $a$ au fil de terre. La ligne étant toujours coupée sur le commutateur complexe, nous recevrons dans la boussole le courant venant successivement par le fil supérieur ou par le fil inférieur en amenant la languette de $H$ sur $b$ ou sur $a$.

Pour mesurer la somme des dérivations du fil supérieur au fil inférieur, le poste correspondant coupera les deux fils sur son commu-

tateur complexe ; sur le nôtre, nous rétablirons le fil supérieur seulement ; nous amènerons au *cinq-terre* la manivelle de gauche de notre manipulateur ; nous amènerons la languette de *H* sur le fil inférieur en *a* et la languette de *I* sur le fil de terre en *a*. La quantité de courant qui va du fil supérieur au fil inférieur viendra passer dans notre boussole, et nous pourrons la mesurer. Cependant, si le fil inférieur présente quelques dérivations à la terre, nous n'aurons pas entièrement ce que lui transmet le fil supérieur.

Nous obtiendrions de la même manière la somme des dérivation du fil inférieur au fil supérieur. Il faudrait alors rétablir la communication par le fil inférieur, couper celle du fil supérieur, amener au *cinq-terre* la manivelle de droite et la languette de *H* sur *b ;* les fils restant toujours coupés sur le commutateur complexe du correspondant.

Pour avoir la somme des dérivations à la terre, les fils sont coupés sur le commutateur complexe dans les deux postes correspondants ; la languette de *I* est amenée sur la pile en *b*. En amenant ensuite la languette de *H* successivement sur *b* et sur *a*, on obtient la perte de chaque fil.

Voici les conventions faites entre les deux postes correspondants A et B, pour obtenir la régularité des mouvements nécessaires à l'exactitude des déviations. Le poste A indique au poste B que l'on va prendre les déviations. Le poste B accuse réception de cet avis et coupe immédiatement la ligne ; il reste dans cette position pendant deux minutes, et mesure les dérivations d'un fil sur l'autre et les pertes par la terre. Pendant les deux minutes suivantes, A coupe la ligne et B fait de son côté les opérations que A vient de faire. A l'expiration des deux minutes, A envoie son courant successivement par les deux fils, et reste une minute sur chacun d'eux ; B envoie ensuite le sien de la même manière et pendant le même temps.

Les déviations sont prises deux fois par jour, le matin et le soir. Le résultat est consigné sur un registre spécial qui mentionne en même temps l'état de l'atmosphère au moment des observations. Pour rendre les résultats tout à fait comparables, on emploie toujours un même nombre d'éléments. On se procure ainsi le contrôle quotidien de la conservation de l'isolement.

Les déviations, comme nous venons de les prendre, ne donnent ni les intensités du courant, ni les grandeurs des dérivations telles qu'elles

existent lorsque la ligne fonctionne. Ainsi, la quantité du courant que nous avons reçue dans la boussole n'est pas celle qui serait passée par le fil de l'électro-aimant, si on l'avait laissée dans le circuit; la perte d'un fil pendant le travail est réellement la différence des intensités du courant envoyé et reçu par la ligne et le fil de l'électro-aimant du récepteur. Mais nous remarquerons que les déviations prises tous les jours ne peuvent pas avoir pour but de régler la force de la pile nécessaire à la marche des appareils; elles sont pour l'inspecteur, chargé de l'entretien de la ligne, un moyen de contrôler la conservation de l'isolement, et alors les indications sont plus faciles et plus claires lorsqu'on fait abstraction du fil des électro-aimants, dont la résistance est très-grande et pour lequel l'isolement est indépendant des variations du temps.

Il est utile de connaître l'intensité du courant passant par la ligne et le fil de de l'électro-aimant lorsqu'on prend un récepteur nouveau et qu'on veut obtenir le degré de courant qui lui est nécessaire pour fonctionner; il en est de même lorsqu'il se produit une perte considérable sur la ligne et qu'on ne veut pas dépasser le degré du récepteur en faisant augmenter la pile du correspondant. Le commutateur *K* va nous servir pour ces deux cas. Son bouton *C* est réuni au bouton *c* de H; son point *a* à une des extrémités du fil de l'électro-aimant de droite, et son point *b* à une des extrémités du fil de l'électro-aimant de gauche. Disposons le commutateur du récepteur de telle façon que le courant, venant de la ligne, entre par *d*; enlevons la communication en *c*; amenons la languette de K sur *b* et celle de I sur *a*. Le courant, venant de la ligne par le fil supérieur, traversera le fil de l'électro-aimant de gauche, viendra dans la boussole en passant par K, et ira se perdre dans le sol par *a* de I. Nous obtiendrions de la même manière le courant venant par le fil inférieur et par l'électro-aimant de droite.

*Station intermédiaire.* — Une station intermédiaire suppose au moins deux stations correspondantes; elle doit donc avoir au moins deux postes. La figure 10 représente les deux postes de la station B, qui correspond d'un côté avec la station A par la ligne de A, de l'autre avec la station C par la ligne de C. Pour simplifier le dessin, nous avons supprimé les boussoles et les commutateurs de déviations.

Tout est double, à l'exception de la pile et de la communication terrestre; mais, pour qu'il n'en résulte aucun inconvénient, il faut

que la communication terrestre soit dans des conditions parfaites de conductibilité : car, sans cela, le courant venant de A pour B, ou partant de B pour A, se dérivera sur la ligne de C. Si donc B transmet des signaux sur la ligne de A pendant qu'il en reçoit de la ligne de C, la dérivation sur la ligne de C du courant envoyé sur la ligne de A détruira une partie du courant qui vient de C, toutes les fois que A et C feront passer leur courant en même temps, et B recevra de C des signaux irréguliers.

*Communication directe.* — La figure 10 montre l'usage des communications $b$, $b'$ des commutateurs complexes. On voit, en effet, que les communications $b$, $b$ sont réunies par un fil, et qu'il en est de même des communications $b'$, $b'$. De sorte que, si on tourne en même temps dans les deux commutateurs les languettes mobiles sur $b$ et $b'$, la ligne de A sera reliée à la ligne de C. Les deux postes de B seront paralysés, et A pourra parler directement avec C. C'est ainsi qu'on établit la communication directe entre deux stations séparées par une station intermédiaire.

Si au delà de C se trouve une 4ᵉ station E, on pourra de même établir la communication directe de A avec E, en disposant en conséquence les commutateurs complexes de C, et ainsi de suite.

Si la station B contient trois postes communiquant de trois côtés différents avec trois stations A, C, E, on réunira par un même fil les communications $b$ des trois commutateurs, par un autre fil les trois communications $b'$. Il est aisé de voir que B pourra mettre successivement les trois stations A, C, E, deux à deux, en communication directe, et conservera sa communication avec la troisième. Il lui suffira pour cela d'amener sur les communications $b$, $b'$ les languettes des commutateurs complexes des deux postes correspondant aux deux stations qu'on veut mettre en communication directe.

On agirait de la même manière si B contenait quatre, cinq, etc., postes communiquant de quatre, cinq, etc., côtés différents avec quatre, cinq, etc., stations.

Dans les moments d'un bon isolement, on peut établir une communication directe entre deux stations très-éloignées, et la transmission est encore facile et bonne, pourvu qu'on ait soin d'augmenter la pile en proportion de la résistance. Mais, lorsque le temps est mauvais, les dérivations qui se produisent, assez faibles d'ailleurs pour ne pas diminuer de beaucoup l'énergie du courant sur une section de ligne

ordinaire, peuvent cependant devenir considérables avec un certain nombre de sections réunies, et atteindre une limite telle, qu'une augmentation très-grande du nombre des éléments soit insuffisante pour travailler. On est alors obligé de renoncer à la communication directe, et on reprend la transmission de station à station.

L'augmentation de l'intensité des dérivations avec la résistance est une des raisons qui condamnent les sections de lignes trop longues ; nous en trouvons une autre non moins décisive dans l'influence des orages.

*Relais.* — On peut cependant, au moyen d'appareils connus sous le nom de *relais*, envoyer des signaux à grandes distances, par les temps de pluies ou d'orages qui n'arrêtent pas la transmission sur les sections de lignes ordinaires.

Le relais fig. 11 se compose d'un électro-aimant et d'un levier en fer doux, disposés absolument de la même manière que dans le récepteur. Dans sa position d'attraction, le levier vient toucher une pointe *a* communiquant avec une pile *P*.

Si la station A veut parler directement à la station C, B met la ligne de A en communication avec l'électro-aimant de son relais et la ligne de C avec le levier. Il est aisé de voir qu'avec cette disposition, tous les courants partis de A mettront la pile P en communication avec la ligne de C. La station C recevra donc un courant toutes les fois et pendant tout le temps que la station A enverra le sien. Les signaux faits sur le manipulateur de A se reproduiront sur le récepteur de C à la distance de deux stations, tandis que les courants employés à faire cette transmission n'éprouveront individuellement que les modifications et la résistance résultant du parcours d'une seule section.

Tel est le principe du relais. Il faut maintenant obtenir les conditions pratiques nécessaires pour pouvoir transmettre et recevoir entre A et C sans que B ait à s'occuper d'autre chose que de mettre son instrument dans la ligne, lorsque A ou C le lui demanderont. On n'a pas encore employé les relais, et il est évident que la question ne peut être résolue que par plusieurs expériences sérieuses. Par conséquent, nous ne dirons rien des relais complets qui n'existent encore qu'à l'état de projet. Quelles que soient d'ailleurs les dispositions adoptées, il sera très-facile de s'en rendre compte, le principe une fois bien compris.

*Dérangements.* — Lorsque la force du courant et le ressort du

récepteur sont convenablement réglés et que la ligne est en bon état, le mouvement des indicateurs du télégraphe concorde parfaitement avec celui des manivelles; les dépêches passent alors régulièrement et avec rapidité. Mais, s'il survient un dérangement quelconque, soit sur la ligne, soit dans l'appareil, soit dans la pile, la transmission devient irrégulière, le fermé réglementaire ne se présente plus après le dixième signal, et le télégraphe reproduit des signaux inusités dans les transmissions. Nous allons analyser les principaux cas qui peuvent se présenter.

*Fils mêlés.* — Lorsqu'il vient à s'établir une communication entre les deux fils, en un point quelconque de la ligne, entre les stations A et B, le courant parti de A par le fil supérieur, par exemple, arrive en ce point et se partage en trois parties. Une partie revient en A par le fil inférieur; les deux autres arrivent en B, chacune par un fil. La boussole accuse l'existence de tous ces courants et donne leurs intensités. On dit alors que *les fils sont mêlés*, qu'*il y a mélange des fils*. Supposons, en effet, qu'avant le mélange le courant de douze éléments donnât vingt degrés; et admettons que la communication au point de mélange soit aussi bonne que possible : le courant qui revient sera de même intensité du fil supérieur au fil inférieur, et réciproquement; supposons-le de quinze degrés; appelons D la longueur en kilomètres du fil de la ligne; $x$ désignant la distance de la station A au lieu du dérangement, $2x$ sera la longueur du circuit du courant qui revient, et on aura, en exprimant que les intensités sont en raison inverse des résistances :

$$i_{20} : i_{15} : : 2x : D, \text{ d'où } x = \frac{D.\ i_{20}}{2\ i_{15}};$$

$i_{20}$ et $i_{15}$ sont les intensités correspondant aux degrés vingt et quinze. Elles sont exprimées par les sinus des angles de vingt et de quinze degrés. $D$ étant évalué en kilomètres, la valeur de $x$ exprimera en kilomètres la distance cherchée.

On peut faire, comme vérification, le même calcul avec les déviations de la station B, et on doit trouver $x' = D - x$.

Si le contact au point de mélange est mauvais : ou bien il produit une dérivation qui est faiblement accusée par la boussole, mais qui ne gêne pas sensiblement le travail par les deux fils; ou bien les indica-

tions du mélange se présentent encore, mais avec moins d'intensité. Dans ce dernier cas, il faut encore couper la communication par un des fils, travailler avec l'autre, et prendre les déviations aussitôt que possible. S'il n'y a qu'un point de mélange, on peut encore le déterminer. On fait le calcul avec les observations de la station A, et on trouve une valeur de $x$ trop grande. On fait aussi le calcul avec les observations de la station B, et on trouve une valeur de $x'$ aussi trop grande. Mais le lieu cherché se trouve entre les deux points ainsi déterminés ; et comme l'erreur provient, dans les deux calculs, de la même mauvaise communication, il suffira de partager la distance des deux points trouvés en deux parties proportionnelles aux distances $x$ et $x'$.

Si, par une cause quelconque, ce calcul est impuissant à faire découvrir le lieu du dérangement, il faut employer une méthode pratique, plus longue il est vrai, mais infaillible. On se place à la station A et on envoie un surveillant couper les deux fils de la ligne successivement en plusieurs points. Ces points sont disposés à l'avance pour qu'on puisse interrompre et rétablir la communication promptement et avec la plus grande facilité. On envoie le courant par le fil supérieur et on met la boussole dans le fil inférieur. Toutes les fois que les fils seront coupés en deçà du lieu du dérangement, la boussole donnera zéro; elle constatera l'existence d'un courant au moment de la première coupure faite au delà. On peut donc rapprocher autant qu'on le veut deux limites entre lesquelles le lieu cherché se trouve compris. On visite ensuite en détail l'intervalle de ces deux limites.

*Fils rompus.* — Lorsqu'un fil vient à se rompre, il peut se placer après la rupture dans des positions très-variées par rapport au fil intact ; et, dans chacun des cas, les indications du récepteur et de la boussole sont différentes. Discutons quelques exemples.

1° *Les deux bouts du fil rompu tombent à terre sans toucher le fil intact.* — Un seul indicateur fonctionne à chaque station. La boussole donne des indications normales par le fil intact. Par le fil rompu, le courant envoyé est d'autant plus intense que le lieu de la rupture est plus rapproché et que la communication avec la terre est meilleure; mais on ne reçoit rien à l'extrémité opposée. On travaille alors avec le fil intact et on prend les déviations aussitôt que possible.

Le lieu du dérangement peut encore ici être déterminé par une

double proportion, au moyen des déviations de A et de B. Si ces deux proportions ne s'accordent pas pour donner le même lieu, on ne pourra rien conclure; il faudra attendre que la rupture soit reconnue par le surveillant.

2° *Un des bouts du fil rompu reste attaché au fil intact.* — Dans l'une des stations on a les indices des fils mêlés, et dans l'autre ceux du fil rompu.

*Fil rompu sur une traction.— Mauvaise soudure.*— Un fil rompu sur une traction, ou sur lequel se trouve une mauvaise soudure, s'il n'arrête pas complétement le passage du courant, diminue au moins son intensité dans une proportion considérable. Un seul des indicateurs fonctionne à chaque station. La boussole donne zéro ou très-peu de degrés par le fil défectueux. Les déviations sont absolument impuissantes à déterminer le lieu du dérangement, qu'il est aussi impossible de découvrir dans une visite en waggon. Il faut alors faire réunir les deux fils successivement en divers points de la ligne. La communication à la terre étant établie par les deux fils à la station B, on envoie le courant de la station A par le fil mauvais. Tant que la liaison des fils sur la ligne sera faite en deçà du lieu de dérangement, la boussole donnera le courant normal, puisque le circuit se continuera par le bon fil à partir du point de réunion; mais, aussitôt qu'elle sera faite au delà, on n'aura plus de courant ou presque plus. On peut ainsi rapprocher autant qu'on le veut les deux limites entre lesquelles il faudra faire des recherches pour trouver le défaut.

*Communication d'un fil à la terre.* — Lorsqu'on s'aperçoit qu'un fil éprouve une perte par la terre, il faut employer le système des coupures successives. Tant que la boussole donnera zéro, on sera sûr que la dérivation existe au delà de la coupure.

Règle générale : toutes les fois qu'un dérangement se manifeste, si on est en transmission, il faut d'abord chercher à continuer par tous les moyens dont on peut disposer, prendre ensuite les déviations, et les étudier pour aller à la recherche du dérangement.

Voilà dans tous ses détails l'appareil et le mode de correspondance définitivement et exclusivement adoptés par l'administration française des télégraphes. Ces détails sont fidèlement extraits de l'instruction toute récente rédigée par M. Bergon, inspecteur, et imprimée avec un très grand luxe à l'imprimerie nationale en mars dernier. Les appareils ont été construits par M. Bréguet, mais, affirme-t-on, sur des dessins

donnés par l'administration, c'est-à-dire par M. Foy, qui se réserve l'honneur de cette transformation du télégraphe à deux aiguilles. Cette transformation est-elle heureuse? Nous persistons à affirmer qu'au lieu de reproduire sur place et d'une manière tout à fait incomplète les signaux de la télégraphie de Chappe, il valait incomparablement mieux les désigner et les transmettre par des nombres avec l'appareil à deux aiguilles; ou mieux, dessiner d'avance ces mêmes signaux sur un appareil à cadran pour les montrer tout dessinés à la station d'arrivée. C'est un travail pénible que d'avoir à représenter sans cesse, à l'aide de deux manivelles assez pesantes et par des mouvements différents imprimés aux deux bras, un signal tout à fait arbitraire et qui ne dit absolument rien à l'esprit. Quelle différence de cette manœuvre complexe, fatigante, sujette à erreur, à la simple agitation à droite et à gauche de la poignée des manivelles dans le télégraphe anglais! le télégraphe français n'est à proprement parler ni un appareil à aiguilles, ni un appareil à cadran; il a tous les inconvénients de ces deux systèmes d'appareils sans en avoir ni la simplicité, ni les avantages. L'inconvénient signalé dans notre première édition nous semble toujours très-grave. Dans tous les appareils de M. Wheatstone, le stationnaire ne voit pas seulement sur le transmetteur ou communicateur le signal ou la lettre qu'il veut transmettre; il les voit encore après qu'ils ont pénétré dans le courant, si l'on peut s'exprimer ainsi; il les voit reproduits par le courant sur le cadran de sa station; le télégraphe fonctionne devant lui et pour lui avant de fonctionner à distance. Cette disposition ingénieuse lui sert de contrôle et lui donne une sécurité de plus. Il nous semblait que, pour une multitude de raisons graves, l'administration française devait renoncer définitivement au mode de reproduction mécanique des signaux Chappe, cette opinion a été partagée par la commission extraordinaire constituée par M. Dufaure et présidée par M. Séguier; mais rien n'a pu ébranler la ténacité de M. Foy. Si nous nous en rapportions à des documents dignes de foi, chaque jour amènerait de nouveaux mécomptes; la correspondance télégraphique serait souvent interrompue, les dépêches ne seraient transmises qu'avec beaucoup de peine et de fréquentes répétitions; l'intensité de courant exigée par la forme particulière des appareils serait énorme; on emploierait quelquefois pour assurer le service jusqu'à 30 éléments de Bunsen : ce serait une dépense excessive, etc. D'un autre côté, des hommes en qui nous avons toute con-

fiance, M. Gounel, par exemple, nous affirment que les appareils de l'administration fonctionnent au moins aussi bien que le télégraphe anglais à deux aiguilles, et sans un courant de force extraordinaire. En présence de ces affirmations contradictoires, il est impossible de formuler un jugement définitif. Nous conserverons encore dans cette édition les dessins du premier télégraphe Foy.

*Télégraphe à aiguilles représentant les signaux des télégraphes anciens : appareil primitif.* — Planche XI. Il se compose de deux corps de rouages placés sur une même platine, mais dépendants l'un de l'autre. Le tout est renfermé dans une boîte d'acajou. Le dessin représente une vue prise par derrière.

E, E, E′ sont trois électro-aimants : dans le dessin, celui de gauche, est le seul qui soit montré enveloppé de fil. Chaque fil qui enveloppe les électro-aimants E, E va s'enrouler autour de l'électro-aimant E′, de sorte que celui-ci est formé d'un fil double.

C D est une platine sur laquelle sont fixés les deux rouages, munis chacun d'un ressort comme force motrice et d'un échappement.

P, palette de fer doux attirée par l'aimant E.

B, bras de levier de la palette qui porte à son extrémité une cheville C, qui entre dans une fourchette faisant corps avec l'axe de l'ancre G.

O, centre de mouvement de la palette et du bras de levier B.

R, roue d'échappement munie du nombre de dents convenable, et fixée sur l'axe qui porte l'une des aiguilles indicatrices des signaux.

F, bras aussi fixé sur l'axe de la roue, dont l'objet est de faire lâcher la détente d'une alarme dont on voit la disposition.

V, V, vis qui servent à limiter les oscillations du bras B pour assurer les fonctions de l'échappement.

T, T, petits treuils pour tendre les petits ressorts *r*, *r*, dont le but est de ramener le bras B à son point de départ, après qu'il a été attiré par l'aimant de E.

B, B′, boutons où viennent s'attacher les conducteurs de la ligne télégraphique. Il y en a deux de chaque côté de la boîte, mais dans le dessin on ne peut en voir qu'un.

H, H′, H, H′, boutons où se rendent les fils des aimants ; ils communiquent en B, B′ par des bandes de cuivre placées le long de la boîte. Entre les pôles de l'aimant E′ peut osciller un barreau aimanté

A, qui porte à une extrémité une partie dentée engrenant dans un pignon sur l'axe duquel est placée une troisième aiguille indicatrice des signaux.

Suivant le sens de l'aimantation de l'électro-aimant, le barreau est attiré d'un côté et repoussé de l'autre : dans ce mouvement il fait tourner le pignon, et par conséquent l'aiguille qu'il porte d'un quart de tour ; cette aiguille est donc, suivant le sens du courant, horizontale ou perpendiculaire.

L, L, levier que l'on peut faire mouvoir à la main pour rectifier la position des aiguilles quand il survient quelque erreur.

## TÉLÉGRAPHE A AIGUILLE DE M. BAIN.

Il est représenté fig. 1, pl. IX : E est la caisse du télégraphe, BB les deux bobines en bois recouvertes d'un fil très-fin ; AA sont deux demi-aimants formant un cercle interrompu sur deux points, et fixés à un diamètre en cuivre AA, mobile autour d'un axe horizontal $a$. Les deux interruptions dans la figure sont situées au centre des bobines ; et les pôles de même nom sont placés en présence l'un de l'autre. Le diamètre AA porte sur son axe une aiguille $aa'$, verticale lorsqu'elle est en repos, qui se meut en dehors de la caisse devant une plaque portant les signes I, V, et qui dans les déviations à droite et à gauche indique l'un ou l'autre de ces signes. P est la pile, Z son pôle zinc, et C son pôle cuivre : deux fils $f_1$, $f'_1$ unissent ces pôles aux deux vis de pression $v_1$, $v'_1$. SS est un support en bois portant sur sa face antérieure les lames circulaires de cuivre $l_1$, $l'_1$, $l_2$, $l'_2$, $l_3$, $l'_3$, $l_4$, $l'_4$ : les lames $l_1$ et $l'_1$ sont isolées l'une de l'autre, ainsi que $l_3$ et $l'_3$, $l'_4$ et $l_4$ ; mais $l_1$ et $l'_3$, $l'_4$ et $l_3$ sont unis par des bandes de cuivre transversales incrustées dans le bois et indiquées par des lignes ponctuées : les lames $l_2$, $l'_2$ sont aussi en contact métallique. Le centre des deux arcs concentriques formés par les lames est aussi le centre de rotation d'un bras de levier ou manivelle M munie d'une poignée ; le levier porte vers sa partie moyenne deux arcs formant ressorts $r_1$, $r_2$, représentés en noir à la surface des lames $l_4$, $l'_4$, isolés avec soin l'un de l'autre, et qui dans le mouvement de la manivelle portent et glissent seulement par leurs extrémités sur les unes ou les autres des plaques : leurs longueurs sont telles, que, pendant que leurs extrémi-

tés droites reposent constamment sur les lames $l_4$, $l'_4$, les extrémités gauches atteignent les plaques $l_3$, $l'_3$, ou $l_2$, $l'_2$ dans la position verticale, et même $l_1$, $l'_1$. Deux ressorts en spirale $R_1$ $R_2$ sont liés au manche de la manivelle, et leur tension doit être telle, que ce manche, quand le télégraphe ne fonctionne pas, corresponde au milieu des arcs concentriques ou soit vertical.

Pour mouvoir l'aiguille vers V, on porte à droite, comme la figure l'indique, la poignée de la manivelle.

Voici la route suivie par le courant ; parti du pôle cuivre ou positif, il va par $f_1$ en $v_1$, de $v_1$ en $l_1$, de $l_1$ en $l'_3$, de $l'_3$ en $l'_4$ par l'arc-ressort supérieur, de $l'_4$ dans les deux bobines, des bobines en $v_2$, et de $v_2$ dans le conducteur de la ligne télégraphique : il revient par un second fil ou par la terre en $v'_2$ et de $v'_2$ en $l_4$, de $l_4$ par l'arc-ressort inférieur en $l_3$, de $l_3$ en $l'$, de $l'$ en $v'_1$, et de $v'_1$ au pôle zinc ou négatif. Dans les stations ou dans les appareils récepteurs, le courant est arrivé par $v'_2$, de $v'_2$ il a passé en $l_4$ ; trouvant la manivelle en repos avec les extrémités des arcs-ressorts placées, celles de droite sur $l_4$ $l'_4$, celles de gauche sur $l_2$ $l'_2$, le courant va donc de $l_4$ à $l_2$, de $l'_2$ à $l'_4$, de $l'_4$ dans les bobines, dans le même sens que pour l'appareil récepteur, où il produit la même déviation de l'aiguille vers V, sort par $v'_2$, etc.

Sous l'action du courant, toutes les aiguilles de la ligne ont donc indiqué le signe V ; et en même temps les timbres ont sonné ; car chaque appareil a sa sonnerie, dont voici l'arrangement essentiel. Le petit bras du levier qui fait marteau repose sur l'axe de l'aiguille ; cet axe est entaillé dans la moitié de son épaisseur, près du point où pose le petit bras ; et, lorsqu'il vient à tourner, ce petit bras tombe et soulève le grand bras, qui frappe un coup sur le timbre.

Si l'on avait tourné la manivelle à gauche, le courant dans le transmetteur aurait suivi la direction C, $f_1$, $v_1$, $l_1$, $l_4$, la terre, $v'_2$, le fil conducteur de la ligne, $v_2$, les bobines, en sens contraire, $l'_4$, $l'_1$, $v'_1$, $f_1$, Z. Dans le récepteur entré par $v_2$, il serait allé aux bobines dans le même sens que pour le transmetteur, etc., etc. Par cela même que dans un appareil le levier-manivelle est vertical. la pile locale est en dehors du circuit et l'appareil tout prêt à recevoir les dépêches.

Voici le vocabulaire du télégraphe de Bain.

Lettres A, I ; B, II ; C, III ; D, IIII ; E, IV ; F, IIV ; G, IIIV ; H, IVI ; I, IVV ; K, IVVI ; L, IIVI ; M, IIVV ; N, IVVV ; O, IVIV ;

P, VI; Q, VII; R, VIII; S, VIV; T, VIIV; U, VIVI; W, VVV; X, VVVI; Y, VIVV; Z, VVIV. Chiffres 1, I; 2, II; 3, III; 4, IV; 5, V; 6, VI; 7, VII; 8, VIII; 9, VIV; 0, VV.

Ce télégraphe a été installé pour la première fois en 1846 sur la ligne d'Édimbourg à Glascow. L'appareil adopté par l'administration des lignes télégraphiques de l'empire d'Autriche a été quelque peu modifié par le mécanicien Ekling, de Vienne. L'axe *a* se prolonge derrière la boîte, fig. 2, et porte en *a'* une seconde barre oscillante en fer doux faisant fonction de marteau et qui, amenée par les aimants tantôt à droite, tantôt à gauche, frappe sur l'un ou l'autre de deux timbres, dont les sons peuvent être différents, et indiquer par conséquent à l'oreille la déviation soit à droite, soit à gauche. Le levier-manivelle M est remplacé par un commutateur à deux touches I, V : en pressant la touche I, les aimants, l'aiguille et le marteau vont vers la gauche; ils vont vers la droite quand on frappe la touche V. Les touches basculent autour d'axes horizontaux $t_1$, $t_2$, et sont équilibrées par deux balles de plomb $p_1$, $p_2$; de sorte que leurs extrémités I, V soient toujours en l'air. Perpendiculairement aux touches faites de bois isolant, on voit sur la table trois lames conductrices parallèles $l_1\ o_1\ l'_1$, $l_2\ o_2\ l'_2$, $l_3\ o_3\ l'_3$, en cuivre : $l_1$ communique avec $l_2$, et $l'_1$ avec $l'_2$ par deux lames à angle droit cachées dans la table et indiquées par les lignes ponctuées; $l_2$ communique avec $l'_3$, et $l'_2$ avec $l_3$ par deux lames transversales. Quand l'appareil ne fonctionne pas et qu'il attend une dépêche, les premières lames seules pressées par les touches communiquent avec les lames cachées ou intérieures $l_1\ l_2$, $l'_1\ l'_2$: le contact n'existe pas pour les autres lames transversales : le courant arrive par $v_1$, suit la route $v_1$, $l_2$, $l_1$, $l'_1$, $l'_2$, $v_2$, $F_1$, entre dans les bobines et sort par $F_2$, etc. S'il s'agit au contraire de transmettre une dépêche, c'est-à-dire si l'appareil, au lieu d'être récepteur, doit devenir transmetteur, on amène aux deux vis de pression *c*, *z* les fils communiquant avec les pôles de la pile locale, et l'on établit une liaison métallique, d'une part, entre *c* et $o_3$; de l'autre, entre *z* et $o_2$. Dès lors, si l'on presse sur la touche I, le contact de la lame $l_1\ o\ l'_1$ avec la lame $l_1\ l_2$ n'existe plus, mais les deux autres lames $l_2\ o_2\ l'_2$, $l_3\ o_3\ l'_3$ touchent en $l_2$ et $l'_3$ les lames $l_2\ l'_3$, $l_3\ l'_2$. Le courant suit la direction $c\ o_3$, $l_3$, $l'_2$, $v_1$, passe en $F_1$ dans le fil des bobines, sort par $F_2$, va dans le conducteur de la ligne et revient par la terre en *z*. Si l'on avait abaissé la touche V, le courant serait entré

dans les bobines en sens contraire, et toutes les aiguilles déviées à droite auraient indiqué ce même signal.

Ce télégraphe à une seule aiguille est véritablement très-simple, et nous concevons que dans certaines contrées on lui ait donné la préférence. Le nombre des mouvements nécessaires pour former un signal ne dépasse jamais 4, c'est un de plus seulement que dans le télégraphe à deux aiguilles, un de moins que dans le télégraphe à une aiguille de Wheatstone et Cooke, avec l'immense avantage de n'employer qu'un seul fil.

---

## CHAPITRE IV.

### Télégraphes à cadran.

---

On désigne sous le nom de télégraphes à cadran les télégraphes dans lesquels une aiguille, parcourant un cadran par une succession d'impulsions élémentaires de même sens ou en sens contraire, peut s'arrêter à volonté sur un point quelconque, et montrer par conséquent à distance toutes les lettres de l'alphabet ou des signaux dessinés à l'avance. Le plus grand avantage des télégraphes à cadran, c'est que chaque signal est montré directement à l'employé, et que sa perception est le résultat d'un seul instant d'attention, d'une seule opération de l'esprit. Celui qui transmet le signal n'a aussi à imprimer qu'un simple mouvement de rotation plus ou moins prolongé pour amener l'aiguille indicatrice sur le signal à montrer à distance. L'inconvénient des télégraphes à cadran, de quelques-uns au moins, c'est que les erreurs peuvent s'accumuler, parce que, en général, dans cette sorte d'appareil, chaque signal est dépendant de ceux qui le précèdent; tandis que dans les télégraphes à aiguilles il y a indépendance absolue entre deux signaux consécutifs quelconques. Le mécanisme de ces appareils est aussi beaucoup plus compliqué, et leur prix est par conséquent beaucoup plus élevé : ils sont enfin assez difficiles à régler et à maintenir réglés. Le mécanisme, au contraire, des télégraphes à aiguilles est d'une simplicité extrême, d'un prix très-bas, et de plus toujours réglé.

Ce qui prouve mieux encore que la construction des télégraphes à cadran souffre de très-grandes difficultés, c'est qu'il a fallu beaucoup de temps pour arriver à en faire des instruments véritablement pratiques, d'une application régulière et sûre. Dans l'ouvrage remarquable qui a pour titre : *Der electro-magnetische telegraph,* et qui nous a fourni un grand nombre de renseignements précieux, M. Schellen affirme que les savants et les artistes éminents de l'Angleterre et de la France, MM. Wheatstone, Cooke, Bain, Mapple et Brown, Nott, Barlow; MM. Breguet, Garnier, etc., ont réellement échoué dans la rude entreprise de construire des télégraphes à cadran qui ne laissent rien à désirer : et que les Allemands seuls, MM. Fardely de Manheim, Léonard de Berlin, Drescher de Cassel, Kramer de Nordhausen, Siemens et Halske de Prusse, et enfin M. Stoehrer de Leipzig ont seuls résolu ce difficile problème par des moyens complétement satisfaisants. Ce jugement est par trop sévère, nous dirions presque, par trop injuste, et nos lecteurs se refuseront comme nous à l'adopter quand ils auront étudié, par exemple, le merveilleux télégraphe à cadran et à clavier du plus habile de nos artistes en ce genre, de M. Froment. Mais laissons parler les faits.

## TÉLÉGRAPHE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE A CADRAN DE M. WHEATSTONE.

Quoique la figure 3, planche IX, ne réprésente ni le plus efficace, ni le plus complet des appareils de M. Wheatstone, nous lui avons donné la préférence, parce qu'elle fait mieux concevoir le principe et la disposition essentielle de ces admirables instruments.

EE est un électro-aimant formé de deux cylindres de fer doux, longs de deux pouces, d'un demi-pouce de diamètre, et autour desquels s'enroule une longueur très-grande de fil de cuivre recouvert de soie : les extrémités de ce fil communiquent avec les fils conducteurs $v$, $v'$, allant d'une station à l'autre de la ligne télégraphique. Si un courant électrique passe à travers les fils, les cylindres de fer doux deviennent magnétiques, et attirent l'armature A ; mais aussitôt que le courant vient à cesser, l'attraction cesse, et l'armature, poussée par la réaction d'un ressort, retourne à sa position première. En fermant donc et en rompant le circuit alternativement, on fait avancer ou revenir l'armure. Ce mouvement alternatif, dans des directions opposées, est transformé en un mouvement circulaire dans une seule direction,

par le moyen des deux tiges ou bras de levier *c* et *d;* le bras *d* tirant la dent quand l'attraction s'exerce, et *c* la poussant quand l'attraction fait place à la répulsion ; il en résulte que la roue *b*, et par conséquent le disque de papier ou cadran fixé sur elle, avance d'un pas chaque fois que l'attraction ou la répulsion cessent. Sur la circonférence du cadran, on a écrit les lettres de l'alphabet ou d'autres signes, en nombre double du nombre des dents de la roue d'échappement : on en a écrit vingt-quatre dans le cas actuel. L'instrument est renfermé dans une boîte que la figure ne représente pas, et une plaque de cuivre aussi omise, placée devant le cadran, porte une petite ouverture qui ne permet de voir à la fois qu'un caractère. On peut à volonté amener chacune des lettres devant l'ouverture, en établissant ou rompant le circuit un nombre suffisant de fois. Cette première partie de l'appareil peut être appelée l'indicateur, l'autre portion, également essentielle, porte le nom de communicateur : nous allons la décrire.

Le communicateur est formé d'un cercle en cuivre se mouvant librement autour d'un pied aussi en cuivre F ; la circonférence du cercle porte douze entailles remplies avec des morceaux d'ivoire ou de bois dur, de sorte qu'elle présente des intervalles égaux de substances conductrice et non conductrice; un ressort G presse contre cette circonférence, pendant qu'un autre ressort K s'appuie contre un anneau d'ivoire, muni sur sa circonférence d'un morceau de cuivre en contact métallique avec le cercle. Les quatre vis de pression sont unies entre elles par des fils courts : 1 avec 2, 2 avec le ressort K, 3 avec le support F, et 4 avec le ressort G. Les deux pôles Z, C de la pile sont unis avec les vis de pression, 1 et 4, et les deux fils du circuit avec 2 et 3. La surface supérieure du cercle porte des caractères correspondant à ceux du cadran, et vingt-quatre petites broches destinées à faciliter le mouvement de rotation produit par le doigt; on a placé un arrêt S, afin que le doigt, appliqué à l'une des broches, ne puisse pas entraîner le cercle au delà d'un certain point.

Le tout étant au repos, le signe + est placé vis-à-vis de l'arrêt S, le ressort G presse contre une division de la périphérie du cercle et le ressort K contre la pièce unique de métal placée sur l'anneau d'ivoire. Par cette disposition, la pile est placée en dehors du circuit qui reste complet, afin de n'apporter aucun obstacle aux communications qui pourraient venir à travers les mêmes fils, de l'autre extrémité de la ligne télégraphique. En tournant le cercle, le ressort G passe alternati-

vement sur des divisions conductrices ou non conductrices, et le circuit est tour à tour fermé ou rompu. Si tout a été convenablement ajusté, quelle que soit la lettre que l'on amène devant l'arrêt, en appliquant le doigt à la broche correspondante, cette même lettre apparaîtra en même temps sur le cadran de l'indicateur, quelle que soit la distance qui sépare les deux appareils.

Cet instrument, on le voit, est d'une simplicité extrême; il ne le cède sous quelques rapports qu'au télégraphe à deux aiguilles, qu'il remplace dans beaucoup de circonstances avec un immense avantage. On ne pourrait lui faire qu'un seul reproche : son mode de transmission et la langue qu'il emploie sont trop faciles à saisir. Nous avons dit ailleurs comment on pouvait conserver, même dans ce cas, le secret des dépêches.

M. Wheatstone a inventé beaucoup de manières de transformer le mouvement alternatif de l'armature en un mouvement circulaire intermittent du cadran. Le mode direct que nous venons de décrire est insuffisant quand les instruments doivent agir à de très-grandes distances. Dans les appareils perfectionnés et destinés à de très-longues lignes, le cadran à signaux est lié à un mouvement d'horlogerie mis en action par un ressort ou par un poids, lesquels, lorsqu'il n'y a pas d'empêchement, communiquent à cette roue un mouvement rapide de rotation. Mais un mécanisme alternatif semblable, quant à l'action produite, à un ancre d'échappement, ne permet à la roue d'avancer que de la distance d'une demi-dent chaque fois que l'armature est ou attirée ou repoussée par la réaction du ressort. Par cette substitution d'un échappement à une simple impulsion, l'instrument devient beaucoup plus sensible, il agit avec un courant beaucoup plus faible : on comprend, en effet, facilement qu'il faille beaucoup plus de force pour donner directement le mouvement au cadran, que pour dégager une simple roue d'échappement. C'est aussi par l'adjonction d'un mouvement d'horlogerie que M. Wheatstone est parvenu à faire sonner un timbre ou une cloche à des distances quelconques, à imprimer par percussion les lettres de l'alphabet, à produire, en un mot, une multitude d'effets mécaniques.

Un des appareils à mouvement d'horlogerie est représenté fig. 4 et 5. La première figure représente l'indicateur ou récepteur. Le poids P met en mouvement les roues $r_1$, $r_2$, $r_3$ dans le sens des flèches; l'axe de la roue $r_3$ porte l'aiguille de l'indicateur qui tourne sur le

cadran portant les lettres et les signaux télégraphiques. E, E′ sont deux électro-aimants séparés, avec leurs bobines; les extrémités supérieures des fils aboutissent aux vis de pression $v_1$, $v'_1$; les extrémités inférieures aux vis $v_2$, $v'_2$. Le courant venu de la station voisine entre toujours par la vis $v_1$, passe tantôt dans le fil de l'électro-aimant E, tantôt dans le fil de E′, et va, dans le premier cas, par le fil $f_1$ en $v_2$, et de là au fil $f_2$; dans le second cas, en $v'_2$ et $f''_2$ par $f_2$. Un axe $a$ fixé au milieu de l'armature AA′ porte une ancre d'échappement $ee'$, qui suit les mouvements de l'armature et s'incline tantôt à droite, tantôt à gauche, en laissant passer à chaque fois une dent de la roue dentée, ce qui fait faire un pas à l'aiguille sur le cadran.

Le communicateur ou transmetteur, fig. 5, consiste essentiellement dans un cadran dressé sur un support S, et portant les mêmes lettres, les mêmes signaux que le cadran du récepteur. Chaque lettre correspond à un rayon qui en est comme le prolongement, et qui sert à amener la lettre qu'on veut montrer à distance devant l'index fixe I, qui arrête le doigt et le rayon de la lettre. Les deux petites colonnes creuses en cuivre $c$, $c'$, placées à droite et à gauche, reçoivent de petits bâtons de cuivre, dont la tête est recourbée en crochet; l'un des crochets porte sur le milieu d'un espace plein 9, l'autre sur le milieu d'un espace vide U : il en doit être toujours ainsi pendant le mouvement de rotation du cadran. De cette manière, c'est tantôt la colonne $c$, tantôt la colonne $c'$ qui communique avec le cadran et son support S. Le fil $f$ va du support S au pôle négatif ou zinc de la pile, le fil $f'$ se lie au pôle positif. Dans la position indiquée par la figure, c'est la lettre I qui a été amenée devant l'index, et qui doit être montrée à distance : si c'est le bâton gauche $c$ qui touche la roue, le courant part du pôle positif, va par le fil $f''$ à l'indicateur de la station éloignée; il entre par $h$, passe en $v$, et de là non pas en M′ par $f''_1$, parce que la colonne $c'_1$ et le fil $f''_1$ ne sont pas en communication avec la roue, mais en E′ par $f_1$, puis en $v_2$, et par $f_2$ en $c_2$, de $c_2$ dans le cadran, et du cadran par $f$ au pôle négatif de la pile. Le circuit étant fermé, l'électro-aimant E attire l'armature A, une dent a passé, mais la cheville $e$ de l'échappement s'engage dans l'intervalle de deux dents et arrête la roue. Quand les deux électro aimants agissent séparément, successivement, et qu'on laisse au second le soin de détacher l'électro-aimant attiré par le premier et réciproquement, il faut nécessairement employer deux fils conducteurs sur toute la ligne télégraphique; mais

l'un des électro-aimants peut être remplacé par un ressort, comme dans la plupart des appareils que nous avons décrits et que nous décrirons plus tard, il suffit alors d'un seul fil.

La figure 6 représente ce que dans le langage technique on appelle la clef du télégraphe, l'organe de jonction de deux stations. Les deux stations sont désignées par les chiffres I, II; $C_1$, $C_2$ sont les communicateurs ou transmetteurs; $E_1$, $E_2$ les électro-aimants des récepteurs; $P_1$, $P_2$ les deux piles; $P_1$, $P_2$ les deux plaques plongées dans la terre; $F_1$, $F_2$ le fil conducteur; $D_1$, $D_2$ deux disques elliptiques en métal; $r_1$, $r'_1$, $r_2$, $r'_2$ des ressorts appuyant contre ces disques; $i_1$, $i_2$ des disques isolants en ivoire tournant au moyen de manivelles $M_1$, $M_2$, et prenant tour à tour les deux positions à angle droit indiquées par la figure; $v$, $v_1$, $v_2$, $v'$, $v'_1$, $v'_2$ sont des vis de pression doubles; $t_1$, $t_2$ sont les tiges recourbées dont les extrémités frottent sur le contour des cadrans des transmetteurs; $m_1$, $m_2$ ainsi que $m'_1$, $m'_2$ sont des pièces métalliques communiquant la première avec le transmetteur, la seconde avec le pôle négatif de la pile, et contre lesquelles s'appuient les ressorts $r_1$, $r_2$, $r'_1$, $r'_2$ quand la manivelle correspondante est à angle droit. Dans la position indiquée par la figure, c'est la station II qui va transmettre une dépêche, sa pile P′ est dans le circuit, tandis que la pile P est dehors. Le courant suit la route + $t_2$ $C_2$ $m'_2$ $v'_2$ $E_2$ $v'$ $P_2$ $P_1$ $v$ $E_1$ $v'_1$ $d_1$ $v_1$ $F_1$ $F_2$ $v'_1$ $m'_1$ —.

## TÉLÉGRAPHE A CADRAN DE M. WHEATSTONE, MODIFIÉ PAR M. BRÉGUET.

Il est représenté planche XII, fig. 1 et 4. Fig. 1 : P est le manipulateur; RR une roue en bois sur la surface de laquelle sont gravés les signaux. BB, cercle de cuivre percé d'un nombre de trous égal à celui des signaux. M, manivelle placée sur l'axe de la roue, pouvant s'élever et s'abaisser; elle porte du côté de la poignée et en dessous une cheville qui entre dans le trou du cercle de cuivre. Dans ce cas, la roue et la manivelle sont solidaires, mais quand la manivelle est levée, elle tourne indépendamment de la roue, et l'on peut la transporter ainsi à un signal quelconque. A, arrêt contre lequel vient butter la cheville dans le mouvement que l'on donne à la manivelle et à la roue quand on veut transmettre un signal. Cette pièce A peut être portée de gauche à droite d'un angle déterminé, afin de pouvoir re-

prendre le même signal et faire faire ainsi un tour entier à la roue. G, galet porté au bout d'un levier dont le centre est en O; il frotte sur le bord de la roue taillé en forme de cames; il est continuellement pressé par un ressort. L, lame de cuivre appuyant fortement sur la planche P et faisant corps avec le levier qui porte le galet G. Cette lame, guidée par les portions rentrantes ou sortantes des cames, vient successivement frotter sur l'un des deux contacts métalliques C, C′. C, C′, contacts en cuivre où viennent s'attacher les conducteurs, l'un en C, venant d'un des pôles de la pile, et l'autre C′ qui communique avec le récepteur placé devant le manipulateur, c'est par celui-là qu'arrive au récepteur le courant venant de la station éloignée. C″, lame métallique à laquelle s'attache un fil conducteur qui va à la terre.

Figures 2 et 3. Plan du récepteur. A, aiguille qui indique les signaux gravés sur le cadran. R, rouage d'horlogerie. E, électro-aimant. C, C′, bandes de cuivre où viennent s'attacher les fils conducteurs; en C, le fil de la ligne qui, à l'autre bout, tient à la pile; en C′, le fil qui va à la terre. P, palette attirée par l'aimant. F, échappement, vue en face fig. 4. Dans les fig. 2, 3 et 4, les mêmes lettres indiquent les mêmes choses. La fig. 1 bis représente le nouveau manipulateur de M. Bréguet.

## TÉLÉGRAPHE A CADRAN DE M. PAUL GARNIER.

Le télégraphe est mis en fonction au moyen d'une pile voltaïque, et se compose, planche XIII, de deux appareils dont l'un, qui s'appelle le transmetteur, est pourvu des lettres, chiffres et signes avec lesquels on compose la dépêche à transmettre. Il est de plus disposé pour fermer le circuit électrique qui détermine l'apparition des lettres, chiffres ou signes, aux ouvertures ménagées dans le second appareil qui est le télégraphe proprement dit.

Le transmetteur se compose d'un cercle divisé en 54 parties, sur lequel sont tracés autant de lettres, chiffres ou signes. Ce cercle est lui-même monté sur une roue à dents de rochet, divisée en 54 parties et tournant librement sur une broche en acier, fixée au montant en bois de l'appareil.

Un sautoir engrène dans les dents de la roue et fixe la position de chaque lettre. Sur l'axe prolongé du sautoir est monté un petit bras auquel est fixé un ressort à boudin dont l'extrémité inférieure est attachée à la lame de cuivre rouge destinée à être mise instantanément

en contact avec une autre lame de même métal pour former le circuit électrique.

L'expérience ayant démontré que l'électricité altérait les deux lames de cuivre rouge au point où le contact a lieu, et y déterminait un oxyde qui finissait par interrompre l'action de l'électricité, M. Garnier a cherché quels seraient les métaux les moins sujets à produire cet effet : il a trouvé que l'or pur et l'acier remplissaient toutes les conditions désirables; aussi la lame de cuivre qui se déplace est munie à son extrémité d'un petit paillon d'acier fondu, trempé dur; et celle qui est fixe est garnie d'une petite lentille en or pur. Malgré l'altération que subit encore à la longue la surface des deux métaux par le dégagement de l'étincelle électrique, il résulte néanmoins de cette disposition qu'aucune interruption n'a plus lieu dans la transmission de l'électricité. Une petite pédale placée en dessous de la roue à rochet sert à faire mouvoir cette dernière pour transmettre au télégraphe la dépêche donnée au moyen d'un pied-de-biche monté à l'extrémité opposée à celle où la main vient presser sur la pédale. Au moyen de cette disposition, les lettres se piquent très-promptement les unes après les autres, en passant successivement sous un index placé au-dessus de l'appareil.

La première disposition du télégraphe consiste en une sonnerie d'appel mise en mouvement par le cercle qui porte les signes télégraphiques, et destinée à appeler l'attention de l'employé qui doit recevoir la dépêche. Le marteau qui frappe sur le timbre est ensuite enlevé au moyen d'un petit bouton placé sur la face de l'appareil, pour qu'il ne sonne pas à chaque tour du cercle.

Comme on vient de le dire, les signes télégraphiques sont tracés sur un cercle dans le même ordre que ceux du transmetteur, et apparaissent à deux ouvertures dont une rectangulaire pour les lettres, et l'autre ronde pour les chiffres et autres signes. Ce cercle non denté porte, perpendiculairement à son plan et près de sa circonférence, 54 chevilles destinées à fixer chaque lettre ou signe devant les orifices susmentionnés, au moyen d'un échappement très-simple imaginé pour cet effet, et dont la disposition est telle qu'on peut faire passer les lettres avec la plus grande rapidité sans erreur possible. L'échappement est mis en jeu par une détente à laquelle est attachée une petite tringle en cuivre, qui porte à son extrémité inférieure la platine en fer doux attirée par l'aimant temporaire, toutes les fois que le circuit

électrique est fermé par le transmetteur. Un ressort à boudin, placé au-dessus de la détente et fixé par un de ses bouts à celle-ci, sert à équilibrer la résistance de la platine en fer doux avec la puissance attractive communiquée à l'aimant temporaire par le courant électrique. L'autre extrémité du ressort est fixée à un filet de vis qui porte un écrou destiné à tendre le ressort selon qu'il est nécessaire.

Le mouvement de rotation du cercle télégraphique est sollicité par un poids très-léger attaché à un cordon qui s'enroule sur un petit cylindre dont l'axe est commun au cercle auquel il se fixe par un encliquetage. L'axe prolongé du cylindre sort par la face de l'appareil et reçoit à carré une poulie sur laquelle s'enroule un autre cordon au fur et à mesure que descend le poids, et qui est destiné à remonter celui-ci lorsqu'il a parcouru son espace.

Les lettres, les chiffres et les signaux télégraphiques sont tracés sur les deux cercles dans un ordre tout à fait identique, sur trois lignes circulaires concentriques à l'axe de chaque cercle. La première et la seconde ligne sont composées des lettres de l'alphabet rangées dans un ordre que l'expérience a démontré, après plusieurs essais, être le plus convenable pour rendre promptement la dépêche à transmettre. La troisième ligne est formée des dix chiffres répétés quatre fois et de signes algébriques qui pourraient au besoin être remplacés par d'autres signes convenus.

Le point de repos est une barre | après laquelle vient un S peint en rouge qui signifie sonnerie, et qui est en effet le signe qui paraît lorsque la sonnerie d'appel se fait entendre ; le troisième signe est un trèfle qui prévient l'employé, lorsqu'on s'y arrête, qu'il doit porter son attention sur le guichet des chiffres. A l'opposé de la barre de repos est une double barre || qui, ainsi que la première, indique la terminaison de chaque mot. Ceci compris, pour transmettre une dépêche, on pique vivement et uniformément avec la pédale les lettres qu'on rencontre sur le cercle de transmission en stationnant un peu sur celles qui entrent dans la composition des mots, et que doit inscrire le correspondant : quand le mot est complet on stationne également sur la barre simple ou sur la barre double, selon que l'on est plus près de l'une ou de l'autre. S'il entre des chiffres dans la composition de la dépêche, on stationne, comme il a été dit, devant le signe des chiffres, on pique la date ou la somme indiquée, et pour prévenir le correspondant qu'on va revenir aux lettres, on bat inégalement, comme le fait un pendule

hors d'échappement, jusqu'à la prochaine lettre utile qui se présente. Plusieurs sortes de battements peuvent être convenus, et indiquer différents objets, comme aussi les lettres peuvent être remplacées par les signes de la télégraphie actuellement en usage pour la correspondance du gouvernement.

En présentant la description de son télégraphe à l'Académie des sciences, M. Garnier appelait l'attention sur l'extrême simplicité des éléments mécaniques qu'il a fait entrer dans la composition de ses appareils. On voit qu'il a évité d'employer les engrenages, que le moteur est un poids très-léger, 100 grammes, au lieu d'un ressort qui a l'inconvénient de se casser au moment le plus inattendu; que la simplicité des moyens, sans nuire à leur sûreté, assure une plus longue durée aux organes qui les produisent, ainsi qu'une grande économie dans les frais d'établissement et d'entretien.

### TÉLÉGRAPHE A CADRAN DE PELCHRZIM.

L'indicateur ou récepteur est représenté planche IX, fig. 7. Il consiste en un électro-aimant E, dont l'armature ou ancre A est fixée sur un levier à deux bras L $\ell$, dont le centre de rotation est en $C$ au milieu de l'axe $aa'$. L'extrémité $\ell$ du levier est chargée d'un poids qui tend à le faire basculer dès que l'armature n'est plus attirée : un pilier $p$ fait obstacle et limite l'excursion du levier dans sa chute : le poids doit être calculé de telle sorte que l'armature cède sans peine à l'attraction de l'électro-aimant. Cette même extrémité $\ell$ est creuse et reçoit une pointe appuyée contre un fil formant ressort et qui tend à la pousser de dehors en dedans; la pointe s'engage dans l'intervalle de deux dents de la roue R et repose sur la dent inférieure; quand le courant est ouvert et que le levier tombe, la pointe presse sur la dent inférieure, et fait avancer la roue d'un pas; la pointe qui a glissé sur le plan incliné de la dent et qui a dévié en dehors est ramenée par le fil-ressort, et vient se placer dans l'intervalle suivant, avant que l'armature ait été attirée par l'électro-aimant. Le petit bec-de-cane ou arrêt B empêche d'ailleurs la roue de revenir sur ses pas. La fermeture et la rupture du circuit font donc avancer la roue d'un pas.

Le communicateur ou transmetteur, fig. 8, est formé d'une plaque de bois P P, portant un cadran de laiton C C sur lequel sont inscrits les lettres et les signaux télégraphiques. Le bord intérieur du cadran

porte autant de petites boules en cuivre *b*, *b* qu'il y a de signaux télégraphiques écrits sur le cadran. Au centre se trouve un disque en laiton D entièrement isolé du cadran, muni d'une tige droite ou pivot perpendiculaire à la surface du cadran, pivot caché comme le disque par le croisement des quatre rayons et communiquant, par une lame de laiton incrustée dans le bois, avec la vis de pression $V_1$; une seconde vis de pression $V_2$ est en communication métallique directe avec le cadran en laiton et les petites boules. La vis de pression $V_1$ et le disque D sont donc isolés du disque central, mais ce disque communique avec $V_2$. Le pivot du disque D porte un second anneau circulaire en laiton *a a*, très-léger et maintenu par quatre rayons en métal : cet anneau est en contact avec le disque D, et par ce disque avec la vis de pression $V_1$; mais il ne touche pas les boules ou boutons *b*, *b*...; il est à un huitième de pouce environ au-dessus d'eux. L'un des quatre rayons se prolonge au delà de l'anneau et se termine par une sorte de poignée P, au moyen de laquelle on peut faire tourner l'anneau sur son axe : le prolongement faisant fonction d'indicateur I est disposé de telle sorte que le rayon, dans sa rotation, s'appuie tour à tour sur un des boutons, jamais sur deux à la fois : une lame-ressort convenablement tendue fait que le contact entre le rayon et l'anneau soit suffisamment parfait, sans cependant que le rayon passant dans l'intervalle de deux boutons touche le cadran en cuivre des signaux, afin que le rayon et le cadran ne communiquent ensemble qu'alors que le prolongement portera sur un bouton, ou que l'indicateur I portera sur une lettre ou un signal. Un fil ressort *f*, fixé sur la plaque de bois au-dessous de l'anneau mobile *a a*, s'engage dans une des entailles ménagées sous la face inférieure de cet anneau, et l'empêche ou de reculer quand l'indicateur est arrivé sur un bouton, ou de revenir en contact avec ce bouton quand il l'a quitté.

Concevons maintenant que le pôle positif P de la pile soit en communication avec la vis de pression $V_1$, le pôle négatif en communication avec $V_2$ et que l'indicateur coïncide avec la lettre A. Le courant ira de P en $V_1$, de $V_1$ au disque intérieur et caché D, du disque D à l'anneau mobile, puis à l'indicateur, au bouton correspondant à A, au cadran, du cadran à $V_2$ et de $V_2$ au pôle négatif, le circuit est fermé : il serait ouvert au contraire et le courant ne passerait pas si l'indicateur était placé entre A et B, sans contact avec le cadran. Si, au lieu de communiquer avec $V_2$, le pôle négatif communiquait avec

le sol, si la vis de pression $V_2$ était unie par un fil avec le fil conducteur de la ligne télégraphique, si le même fil conducteur était rattaché à l'une des extrémités de l'électro-aimant du récepteur, fig. 7, et si la seconde extrémité de ce même électro-aimant était aussi en communication avec la terre, le circuit serait encore fermé ; le courant, après avoir traversé le transmetteur, traverserait aussi le récepteur, et chaque interruption du courant sur le transmetteur, ou chaque passage d'un bouton à l'autre, d'une lettre à l'autre, laisserait échapper une dent de la roue dentée du récepteur ; de sorte que, si l'indicateur du transmetteur et l'aiguille du récepteur indiquaient ensemble au point de départ une même lettre A, l'indicateur et l'aiguille indiqueront toujours la même lettre, et qu'il suffira d'amener l'indicateur I sur une lettre pour que cette lettre soit montrée à distance.

## TÉLÉGRAPHE A CADRAN DE DRESCHER.

Dans les appareils que nous venons de décrire, l'indicateur ou l'aiguille du transmetteur est conduite avec la main, ou amenée par la main tour à tour sur les diverses lettres qu'on veut montrer à distance ; or le mouvement de la main est par lui même irrégulier, et l'œil doit le suivre avec beaucoup d'attention : il ne peut donc pas être très-rapide sans qu'il en résulte une grande fatigue : il serait dès lors à désirer que l'indicateur reçût sa rotation d'un mouvement d'horlogerie, sans l'intervention immédiate de la main ; c'est le but que M. Drescher a voulu atteindre. Le mécanisme de son télégraphe est représenté, fig. 9, planche IX ; la partie supérieure montre le récepteur, la partie inférieure le transmetteur.

*Récepteur.* — EE est l'électro-aimant placé horizontalement ; AA son armature mobile autour d'un axe horizontal tournant sur les deux vis à pointes $p_1$, $p_2$ ; F est une fourche fixée au centre de l'armature et qui, par les deux chevilles de son extrémité inférieure, engrène avec les dents d'une double roue dentée R, comme le représente la fig. 10. Sur l'arbre de cette roue, dont le contour est seul indiqué, est fixée l'aiguille du transmetteur. Cette aiguille tourne sur un cadran qui porte les lettres et les signaux télégraphiques, et saute d'une lettre à l'autre aussi souvent que l'armature AA se meut en avant ou en arrière, s'éloigne ou retombe, pendant que les chevilles de la fourche engrènent tour à tour avec les dents de la roue dentée et laissent passer

une dent en se succédant. Quand le courant passe dans l'électro-aimant, l'armature est attirée ; si le courant cesse, l'armature est éloignée par le fil faisant ressort *rr*, qui presse par derrière contre la fourche F. Pour que l'aiguille du transmetteur passe régulièrement d'une lettre à l'autre et s'arrête devant la lettre voulue, il suffit que le courant qui traverse l'électro-aimant soit régulièrement interrompu ou rétabli, et que chaque rupture ou fermeture du circuit dure aussi longtemps qu'on le voudra. Le communicateur représenté dans la partie inférieure du dessin est chargé de remplir ces fonctions.

*Communicateur.* — Un ensemble ordinaire de roues dentées est mis en mouvement par le poids P. L'axe de la roue dentée $r_1$ porte un tambour sur lequel s'enroule le cordon $c_1$ : ses dents engrènent avec le pignon cannelé de la roue $r_2$, dont le mouvement est transmis par la roue dentée $r_3$ au volant *v* destiné à régler le mouvement du système entier. Les axes de toutes les roues tournent dans deux plaques de laiton, dont une seule P P′, celle de derrière, est visible sur le dessin. La partie antérieure de l'axe de la roue $r_2$ porte une aiguille *aa′*, placée dans l'intérieur de la boîte; la partie postérieure de ce même axe, derrière la roue $r_2$, porte un disque en métal DD′ dessiné fig. 11. Le contour du disque est partagé en autant de parties qu'il y a de lettres ou de signaux télégraphiques sur le cadran, c'est-à-dire vingt-six dans le cas actuel. Les intervalles des divisions sont remplis par des chevilles isolantes d'ivoire ou d'os, ou restent vides. Le disque DD′ présente donc sur son contour 13 portions métalliques conductrices et 13 portions isolantes qui se suivent alternativement. Le support en bois ou en ivoire isolé S porte, par l'intermédiaire de l'arc métallique roide SM, un rouleau R en cuivre qui appuie et roule sur la circonférence du disque, et repose tantôt sur une partie métallique, tantôt sur une portion isolante. Le tout est fixé sur la plaque en cuivre P P′, dont il a déjà été question ; une vis de pression $v_1$ unit constamment le fil $f_1$ avec cette plaque et le disque DD′; le rouleau et le fil métallique qui le porte ne communiquent avec ce disque et avec $v_1$ qu'autant que le rouleau pose sur une portion métallique.

Supposons maintenant que les deux pôles d'une pile soient en communication avec les deux vis de pression $v_1$ et $v_2$; le courant dans la rotation du disque sera interrompu 13 fois et rétabli 13 fois. A l'entrée de la boîte intérieure du télégraphe se trouve un clavier circulaire avec vingt-six boutons ou touches, représenté fig. 12 : il se com-

pose de deux anneaux placés l'un au-dessus de l'autre, et unis par des barres perpendiculaires $bb'$ entre lesquelles entrent et sortent vingt-six touches très-mobiles $t_1$ $t'_1$, $t_2$ $t'_2$. Chaque touche est placée dans l'intérieur d'un ressort-spiral fixé sur le disque inférieur, et qui la relève quand le doigt cesse de la presser. Les touches portent sur leur partie antérieure, en dehors de la boîte, vingt-six disques sur lesquels sont dessinées les lettres dans le même ordre que sur le cadran de l'indicateur, fig. 9. La tête de la touche supérieure placée entre A et Z a une forme particulière et porte le signal *; elle n'a pas de ressort spiral, et reste par conséquent dans la position qu'on lui donne; ce même signe * a été reproduit sur le cadran de l'indicateur à égale distance de A et de Z.

Aussi longtemps que le télégraphe ne fonctionne pas, l'aiguille $aa'$ du cadran de l'indicateur ou du mouvement d'horlogerie, fig. 9, est fixée devant la touche supérieure marquée du signe *, et cette touche enfoncée arrête le mouvement d'horlogerie. En même temps le rouleau R pose sur une division métallique et établit une communication métallique entre $v_1$ et $v_2$.

S'il s'agit d'établir une correspondance entre deux stations $S_1$, $S_2$, le pôle négatif de la station $S_1$ communiquera avec la terre, le pôle positif sera fixé à la vis de pression $v'_1$; le fil conducteur de la ligne viendra d'un côté à la vis de pression $v_2$, fig. 9, de l'appareil de $S_1$, de l'autre côté à la vis de pression correspondant à $v'_2$ dans l'appareil de la station $S_2$; dans cette seconde station enfin, la vis de pression correspondant à $v_1$ sera mise en communication avec la terre. Dans l'état de repos, par conséquent, les aiguilles $aa'$ des mouvements d'horlogerie sont en face des signaux *; les mouvements sont arrêtés, et parce que les deux rouleaux touchent le métal, le courant de la pile de la première station circule. Voici sa marche : $f_1$ $v_1$, D, R, $v'_1$, le fil de l'électro-aimant de l'indicateur, $v'_2$, le fil conducteur, le pôle négatif de la pile de la seconde station, la vis de pression analogue à $v_1$, le second disque, le rouleau, la vis analogue à $v'_1$; le fil du second électro-aimant, la vis analogue à $v'_2$; la terre, le pôle négatif de la première station. Les deux électro-aimants des deux stations agissent et attirent leurs armatures, et les aiguilles des indicateurs correspondent au signal * entre A et Z. A l'une des stations, la première, par exemple, l'employé de cette station retire la touche à grosse tête * du clavier, le mouvement d'horlogerie devient libre, le poids descend, et

l'aiguille $aa'$ du communicateur tourne. Si l'on veut indiquer la lettre A, on presse avec le doigt sur la touche A, l'aiguille $aa'$ ne peut arriver que jusqu'à cette touche et s'arrête contre elle; le disque D a tourné aussi, le rouleau R a passé du métal sur la cheville d'ivoire voisine, le courant est interrompu; les deux armatures AA sont détachées par les ressorts $rr$, les chevilles des fourches ont cessé d'enrayer les dents des roues dentées, une dent a passé à chaque station, et les aiguilles des indicateurs marquent A au lieu de *. Si le doigt cesse de presser la touche A pour en abaisser une autre, M, par exemple, l'aiguille du communicateur va s'arrêter contre la touche M : le courant a été six fois établi, cinq fois interrompu ; chaque changement a fait faire un pas aux aiguilles des indicateurs, qui maintenant indiquent par conséquent la treizième lettre M. On signale ainsi tour à tour toutes les lettres de la dépêche avec une rapidité très-grande, dans le temps à peu près nécessaire pour les épeler : à la fin de chaque mot, on laisse les aiguilles des indicateurs revenir au signe *, et quand toute la dépêche est transmise, on remet en place la touche à grosse tête *, et le mouvement s'arrête. On voit que dans ce système de télégraphe, dont l'idée principale est certainement empruntée au premier télégraphe imprimant de M. Bain, le courant passe constamment d'une station à l'autre, sauf les courtes interruptions qui ont lieu pendant l'opération.

Un mot seulement sur la sonnerie. Elle se trouve en haut de la boîte, fig. 9. Le mouvement d'une sonnerie ordinaire est mis en rotation par le poids R au moyen du cordon $s'_1$ $s'_2$ reporté par une poulie de renvoi sur le tambour de la roue $r_1$. Sur le champ d'une des roues de ce mouvement se trouve un arrêt fixe qui vient butter contre le bras inférieur du levier $\ell$, dont le bras supérieur appuie contre un ressort faible recourbé en dedans, et porté par l'armature AA : aussi longtemps par conséquent que l'armature est attirée, c'est à-dire aussi longtemps que le télégraphe ne fonctionne pas, le mouvement de la sonnerie est empêché ; mais, dès que l'armature est éloignée, ou dès que l'aiguille de l'indicateur a passé de * à A, le bras supérieur devient libre et culbute, le bras inférieur abandonne l'arrêt, et le timbre sonne.

Le cordon est un cordon sans fin, et l'on remonte le mouvement d'horlogerie en tirant dans le sens de la flèche le cordon $s'_1$. Au reste, le bruit que font les aiguilles des indicateurs en frappant contre les

touches et les armatures attirées par les électro-aimants dispensent de recourir à un timbre.

La fig. 13 représente la forme plus condensée que M. Drescher a donnée à son télégraphe. $B_1$, $B_2$ sont deux boutons; on peut à l'aide du premier faire tourner directement, sans l'intermédiaire du courant, la roue dentée de l'indicateur, maintenue ainsi sous la main de l'employé qui la ramène quand il lui plaît au signe * : chaque pression exercée sur le bouton fait faire un pas à cette aiguille. En pressant sur le bouton $B'$, on interrompt le courant.

M. Drescher dit qu'en donnant à chaque branche de ses électro-aimants huit pouces de longueur, un pouce et demi de diamètre, et en roulant sur chaque bobine six cents tours de fil, ils fonctionnent très-bien sur une distance de vingt lieues avec six éléments de Bunsen ou douze éléments de Daniel.

## TÉLÉGRAPHE A CADRAN DE MM. SIEMENS ET HALSKE.

Cet appareil, que l'on s'accorde en Allemagne à proclamer le plus parfait de tous, est certainement aussi le plus compliqué; puissé-je rendre bien nette la description que je vais en donner.

Il est représenté planche X, fig. 1. E, $E_1$ sont les pôles des électro-aimants perpendiculaires à la paroi supérieure de la boîte ou au plan du dessin, aplatis d'un côté et ronds de l'autre. A, $A_1$ est l'armature, en S renversé, mobile autour d'un axe vertical porté par deux tourillons fixés sur le support C : un bras de levier $\ell$ fixé au milieu de l'armature et que le ressort $R_1$ tire sans cesse de bas en haut vers la gauche, tend continuellement à séparer l'armature de l'électro-aimant : de sorte qu'elle n'est en contact avec lui que sous l'influence de l'attraction produite par le passage du courant, et qu'elle s'en détache sous la traction du ressort dès que le courant est interrompu. La figure montre comment, au moyen de la vis V et de son écrou fixe, on peut tendre plus ou moins le ressort R, et augmenter ou diminuer la facilité avec laquelle l'armature se détache de l'électro-aimant. Une longue branche de levier L $L_1$ est aussi fixée à l'armature, tourne avec lui sur le même axe, et participe par conséquent à son mouvement : ce levier porte à son extrémité $L_1$ une tige avec crochet $t_1$, qui s'engage entre les dents d'une petite roue dentée en acier *r* : en descendant, le crochet fait tourner la roue d'une dent,

en remontant, au contraire, il glisse sur le plan incliné de la dent suivante et va s'engager au-dessus d'elle pour la faire descendre à son tour, un second crochet $t_2$ porté par la plaque $P_1$, empêche la roue dentée de revenir sur ses pas pendant le mouvement ascendant de la tige $t_1$. Une aiguille ou indicateur OI en acier porté par l'axe de la roue dentée $r_1$ tourne avec elle sur le cadran circulaire à touches fig. 2, et passe tour à tour devant les lettres ou signaux télégraphiques écrits ou peints sur les touches.

On voit déjà qu'aussi souvent que le courant est interrompu, le levier $l$ détache l'armature et la fait descendre; la tige à crochet $L_1 t_1$ abaisse une dent, fait avancer l'indicateur d'un pas, et l'amène d'une lettre à la suivante.

L'organe le plus essentiel du mécanisme de M. Siemens a reçu de lui le nom de navette, parce que, semblable en effet à la navette du tisserand, il va sans cesse de gauche à droite et de droite à gauche, fermant tour à tour et rompant le courant, et imprimant ainsi à l'armature un mouvement continu. La navette $n n_1$ trop peu perceptible dans le dessin, est ainsi composée : sur le support $s_3$ s'élève une petite colonne en laiton, portant à sa partie supérieure le petit rectangle allongé $nn_1$ en cuivre, muni de deux appendices évidés à angle droit $a$, $a_1$ et extrêmement mobiles, c'est la navette. A chacune des extrémités des deux appendices $a$, $a_1$ et perpendiculairement à la surface de la navette, est fixé un petit morceau de cuivre dirigé en haut et représenté sur les faces $n$ $n_1$ par les lignes ponctuées. Au-dessous de l'extrémité $n_1$ se trouve un petit pied de même longueur que la petite colonne en laiton $c_1$, qui se meut d'un mouvement de va-et-vient, avec la navette, autour du centre $n_1$ et repose par le bas sur une petite bande saillante de métal fixée horizontalement en $s_1$ sur la plaque $P_1$.

La navette, par conséquent, oscille horizontalement juste au milieu du bras de levier $L L_1$ : son pied en $n_1$ doit frotter le moins possible sur la bande qui le supporte, et de plus, pour que la navette soit complétement isolée de la plaque métallique $P_1$, ce pied est recouvert à son extrémité inférieure d'une pierre d'agate. Le mouvement de la navette, toujours assez circonscrit, est limité par les vis à écrou $e$, $e_1$; ces vis sont portées par deux montants fixés aux plaques P, P′, et leurs têtes arrondies correspondent aux cavités des appendices métalliques $a$, $a_1$ : on peut, par le moyen de ces vis, régulariser le mouve-

ment de la navette $nn_1$. Lorsque l'appendice $a_1$ touche la vis $e_1$, l'appendice $a$ est à une petite distance de la vis $e$, et réciproquement. Un fil ressort très-faiblement tendu $f_1$, fixé à la navette elle-même, et qui est ponctué dans le dessin, tend à maintenir constamment l'appendice $a_1$ en contact avec $e_1$, et empêche que les petites secousses et les petites oscillations de la navette puissent jamais occasionner une séparation momentanée de $a_1$ et de $e_1$. Ce sont donc l'appendice $a_1$ et la vis $e_1$ qui établissent le contact métallique nécessaire à la fermeture du circuit ; $a$ et $e$ n'ont pour fonction que de circonscrire le mouvement de la navette du côté opposé. Sur le bras du levier $LL_5$, juste en face des appendices $a$, $a_1$, se trouve une pièce en métal ou noix allongée $m$, dont les extrémités arrondies sont pourvues de petites pierres isolantes ou revêtues d'ivoire, et qui ne doit, par conséquent, communiquer métalliquement ni avec l'appendice $a$, ni avec l'appendice $a_1$. Cette noix, dans le mouvement du levier $LL_1$, appuie alternativement, tantôt sur $a$, tantôt sur $a_1$ ; mais, comme elle est un peu moins longue que la distance entre $a$ et $a_1$, elle peut se mouvoir entre $a$ et $a_1$ sans entraîner la navette avec elle dans son mouvement : dans la figure, $m$ appuie contre $a_1$. Si le bras de levier $LL_1$ vient à se mouvoir du côté de $a$, la navette restera d'abord immobile ; mais, un instant avant que le crochet $t_1$ s'engage au-dessus de la dent suivante, la noix $m$ appuie contre $a$, et c'est alors seulement qu'elle déplace la navette : il n'y a plus alors de communication entre $a_1$ et $e_1$ ; c'est $a$ qui est en contact non métallique avec $e$. La navette reste dans cette position jusqu'à ce que l'armature, en retombant, fasse appuyer la noix $m$ contre $a_1$, et rétablisse le contact métallique entre $a_1$ et $e_1$, en séparant $a$ de $e$. On voit que l'excursion du bras de levier $LL_1$ est beaucoup plus grande que celle de la navette, et que c'est seulement au moment où le levier est arrivé à son maximum d'écart à droite ou à gauche que la navette fait un tout petit mouvement, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre.

Un des bouts $b_1$ du fil de l'électro-aimant aboutit à la vis de pression $b_1$ ; l'autre bout traverse le trou $T_1$ et aboutit en $b_2$ au support $s_1$ de la navette ; un autre fil $f'_1$ vissé en $v'_1$ sur la plaque $P_1$ communique métalliquement avec $e_1$, traverse aussi le trou $T_1$, et vient se fixer à la vis de pression $v'_2$. Si donc $b_1$ et $v'_2$ sont unis aux deux pôles de la pile, le circuit à travers l'appareil sera fermé aussi longtemps que $a_1$ touchera $e_1$, et ouvert quand ce sera $a$ qui touchera $e$.

Dans la position que la figure représente, le courant venant du pôle positif de la pile à $b_1$ traverse le fil de l'électro-aimant, vient en $b_2$, passe de $b_2$ dans la navette, vient de la navette par $a_1$ en $v'_1$ et va au pôle négatif par $v'_2$. L'armature est attirée, le crochet $t_1$ se place au-dessus de la dent suivante ; mais au même moment la noix $m$ appuie sur $a$ et fait monter la navette vers $e_1$ ; le contact n'existe plus entre $a_1$ et $e_1$ : le circuit est brisé, le courant est interrompu ; l'armature se détache de l'électro-aimant, le crochet $t_1$ descend, entraînant avec lui une dent et faisant avancer l'indicateur d'un pas sur le cadran : au moment où ce mouvement de retour atteint sa limite, la noix $m$ appuie contre $a_1$, et presse $a_1$ contre $e_1$, le circuit est de nouveau fermé, et tout recommence.

Pour empêcher que, par le choc du bras de levier contre $e_1$, il ne passe deux dents de la roue au lieu d'une seule, ou que le crochet ne saute une dent, on a implanté : 1° sur chacune des dents de la roue $r_1$ des biseaux en acier indiqués sur la figure par de petites raies blanches ; 2° sur le bras de levier $LL_1$, une petite tige verticale en acier dont l'extrémité $t_3$ est recourbée vers le bas. Chaque fois que $t_1$ s'engage dans l'intervalle entre les deux dents suivantes et arrête la roue $r_1$, l'extrémité recourbée $t_3$ abandonne les biseaux des dents dirigés de bas en haut : mais aussi chaque fois que le bras de levier $LL_1$ redescend, et met la roue $r_1$ en mouvement, $t_3$ se place entre deux biseaux consécutifs, fait passer le biseau de gauche en s'opposant au passage du biseau de droite. De cette manière un mouvement du bras de levier $LL_1$ vers $e_1$ ne peut jamais laisser passer deux dents, et l'aiguille de l'indicateur doit toujours sauter franchement du centre d'un signal au centre du signal suivant.

Un des caractères principaux du télégraphe de M. Siemens, c'est donc qu'aussi longtemps que la pile est dans le circuit, le mécanisme fonctionne, et l'aiguille de l'indicateur parcourt incessamment le cadran, sans l'intervention d'aucun mouvement d'horlogerie. Voici par quel moyen on l'arrête dans sa marche pour indiquer une lettre quelconque. Un clavier circulaire, fig. 2, forme une sorte de galerie autour de l'appareil ; chaque touche porte une lettre ou signal et se prolonge suivant une pointe d'acier que la pression du doigt abaissant la touche fait pénétrer dans l'intérieur de l'appareil. L'axe de la roue $r_1$, qui porte déjà l'indicateur, porte une seconde aiguille $A_2$ située au-dessous de la plaque $P_2$ : chaque touche que l'on enfonce devient

un obstable insurmontable à la rotation de cette aiguille, la roue s'arrête, et avec elle l'indicateur du cadran, ainsi que le bras de levier $LL_1$.

On voit par ce qui précède que, juste au moment où l'indicateur des lettres atteint le milieu d'un espace, le levier $LL_1$ va vers $e_1$, le crochet $t_1$ se place dans l'intervalle des deux dents suivantes. Si donc l'indicateur doit s'arrêter devant une lettre ou un signal, il faut arrêter le bras de levier $LL_1$ dans son retour vers $e_1$, avant que la noix $m$ arrive en contact avec $a_1$, et aussi avant que l'indicateur ait atteint le milieu de l'espace auquel il doit s'arrêter. Pour cela l'aiguille $A_2$ est tellement prolongée et inclinée qu'elle presse contre la tige enfoncée par l'abaissement de la touche avant que la noix $m$ touche $a_1$, et que l'indicateur sur le cadran ait atteint le signal devant lequel il doit s'arrêter. Si le doigt abandonne la touche, la tige se relève, l'aiguille $A_2$ n'est plus arrêtée; le ressort détache l'armature; la noix $m$ presse contre $a_1$, $a_1$ arrive au contact de $e_1$, le courant circule de nouveau et l'arnature recommence ses oscillations.

L'alarme ou carillon est représenté dans la portion du dessin la plus à droite. Il se compose : 1° d'un nouvel électro-aimant $E'E'_1$ ayant aussi son armature en forme de S renversé $A'A'_1$, mobile autour de l'axe $a_2$; cet axe porte un autre bras de levier $L'$ qui participe aux mouvements de va-et-vient de l'armature. La plaque métallique $P_3$ sert d'appui au petit pied sur lequel repose la navette $n'n'_1$ d'une autre forme que celle de l'appareil télégraphique : c'est une fourche à deux compartiments qui se meut dans des limites très-resserrées entre les deux têtes de vis $e'$, $e'_1$. Chaque joue intérieure de la navette porte près de son milieu deux petits boutons isolants d'os ou d'ivoire contre lesquels le bras de levier $L'$ frappe dans ses oscillations en faisant mouvoir à son tour la navette $n'n'_1$, tantôt vers $e'$, tantôt vers $e'_1$. La joue $n'_1$ porte un fil-ressort très-souple avec une pièce isolante, et qui par sa pression empêche que les oscillations de la navette séparent jamais $a'_1$ de $e'_1$. Un ressort spiral $F'_1$, que l'on peut tendre ou détendre à volonté, et qui tire sur le bras de levier $\ell'_1$ fixé à l'axe de l'armature, tend à la détacher de l'électro-aimant et la détache réellement dès que le courant ne passe plus; ce même axe porte une longue barre à tête arrondie, et qui frappe sur le timbre T aussi souvent que l'armature est attirée. Les vis à écrou $e'$, $e'_1$, dont la pre-

mière est isolée du support $s'$, tandis que $e'_1$ est en contact métallique constant avec $s'_1$, doivent être ajustées et réglées pour chaque intensité du courant, pour chaque tension du ressort. Il est inutile d'expliquer le jeu de la sonnerie; il est entièrement analogue à celui du télégraphe.

Le mécanisme entier est enfermé dans une boîte ronde en laiton, fig. 3, sur le dessus de laquelle se trouvent le clavier circulaire, le cadran aux lettres et l'indicateur. On voit proéminer sur les flancs deux têtes de vis carrées, qui permettent de régler, au moyen d'une clef et sans ouvrir la boîte, les ressorts $E_1$ et $E'_1$; un autre bouton de vis $B_1$ sert à agir directement sur l'échappement et à amener l'indicateur sur telle lettre ou signal que l'on veut. On a écrit deux fois les lettres S, E, N, parce qu'elles reviennent extrêmement souvent dans la langue allemande : il y a en haut et en bas deux espaces vides sur lesquels on ramène l'indicateur à la fin de chaque mot.

La figure 4 représente l'ensemble des deux appareils de deux stations unies ensemble par le fil conducteur et par la terre; cette figure se comprend assez d'elle-même : P, P′ sont les deux piles, C, C′ leurs pôles cuivre, Z, Z′ leurs pôles zinc, unis par des fils aux vis de pression indiquées par les mêmes lettres : T, T′, F, F′ sont les vis de pression destinées à recevoir les fils qui vont à la terre, et les fils conducteurs de la ligne télégraphique. *C C′* sont deux commutateurs, qui communiquent métalliquement tantôt avec les vis de pression M, M′, quand il s'agit de marcher ou de transmettre les dépêches, tantôt avec les vis de pression R, R′, quand les télégraphes doivent rester en repos. E, *E*, E′, *E′* sont les électro-aimants des indicateurs et des sonneries; et G, G′ deux galvanomètres mis dans le circuit. Dans la disposition du dessin, c'est la station de gauche qui parle et transmet les signaux à la station de droite. La route suivie par le courant est indiquée par les chiffres 1, 2, 3, etc. Pour mettre les commutateurs en contact avec M, M′, il suffit de presser le bouton *b*, fig. 4.

Un caractère remarquable du télégraphe de M. Siemens, c'est que le transmetteur est à la fois récepteur; ce qui n'avait lieu dans aucun des appareils que nous avons décrits jusqu'ici. Les aiguilles des deux indicateurs circulent sans cesse sur les cadrans, et pour transmettre des signaux il n'y avait qu'à trouver le moyen d'arrêter simultanément les deux aiguilles sur une même lettre donnée. Il a suffi pour cela d'empêcher le circuit de se fermer dans l'appareil I de la première

station; par là même en effet, le circuit reste également ouvert dans l'appareil II de la seconde station, et aucune des deux armatures ne sera attirée jusqu'à ce qu'on ait permis au mécanisme de l'appareil I de fermer le circuit. Quand on presse sur l'une des touches de l'appareil I, la roue d'échappement se trouve arrêtée précisément au milieu du pas qu'elle allait faire sous l'action du ressort; et le circuit ne peut pas se fermer de nouveau jusqu'à ce qu'on ait enlevé l'obstacle en ôtant le doigt. Pendant ce temps-là, rien n'empêche la roue d'échappement de l'appareil II de faire son pas entier, et le mécanisme de fermer le circuit; mais par cela même que le circuit est ouvert en I, les armatures ne seront pas attirées de nouveau, et l'indicateur de l'appareil II s'arrêtera sur la lettre voulue un instant après qu'on a pressé la touche correspondant à cette lettre sur l'appareil I. Dans les temps de repos, lorsque l'on ne veut pas correspondre, le circuit entre les deux stations I et II est formé uniquement du fil conducteur, de la terre et des seules bobines des carillons d'alarme. Quand le stationnaire I veut parler au stationnaire II, il retire sa sonnerie du circuit et la remplace par une pile et l'appareil télégraphique. Aussitôt le carillon de la station II donne l'alarme, tandis que l'appareil télégraphique de cette même station reste immobile. Il paraîtra peut-être surprenant que deux appareils semblables, le télégraphe et le carillon, puissent se trouver dans le même circuit l'un marchant, l'autre ne marchant pas. Cet effet s'obtient par les tensions inégales des ressorts : supposons en effet que, dans deux appareils installés dans le même circuit, le ressort de rappel de l'armature de l'un A soit beaucoup plus fort ou plus tendu que celui de l'appareil B : alors quand l'armature de B aura déjà été attirée, l'électro-aimant de A n'aura pas acquis encore la force nécessaire pour faire équilibre au ressort; et parce que le circuit va s'ouvrir dans l'appareil B, l'électro-aimant de A n'acquerra pas plus tard cette force d'attraction qu'il n'a pas eue tout d'abord; l'armature de A restera donc forcément immobile, et le circuit constamment fermé de ce côté; l'appareil B marchera donc tout seul. On conçoit dès lors que, si, ce qui a lieu en effet, les ressorts des carillons d'alarme sont plus faibles que ceux des télégraphes, les timbres sonneront dans chaque station par l'action de la pile de l'autre station, pendant que les télégraphes resteront encore immobiles.

Pour achever d'établir la correspondance, le stationnaire II, averti

par le réveil, retire du circuit son carillon d'alarme et y fait entrer le télégraphe et la pile; aussitôt les télégraphes marchent ensemble. Cette simultanéité de marche n'aurait pas lieu si le stationnaire I, en donnant l'éveil, n'avait pas d'abord introduit son télégraphe dans le circuit, et si son télégraphe n'était pas resté immobile pendant que le carillon de l'autre station marchait.

Si l'opérateur de la seconde station II veut correspondre à son tour, manifester quelque doute, demander quelques explications, etc., il pose le doigt sur une touche; l'aiguille de la station I s'arrête sur le signal correspondant à la touche, et celui qui envoie la dépêche est prévenu par là que son correspondant veut parler : l'entretien s'engage, les explications s'échangent, et le travail primitif reprend son cours; on peut dire que c'est une conversation bien ordonnée entre deux personnes qui veulent s'entendre, chacun ayant la liberté de placer son mot à propos.

La marche normale du télégraphe de M. Siemens est celle où l'aiguille parcourt par seconde la demi-circonférence du cadran, ou passe en une seconde devant quinze signaux. On obtient cette vitesse avec une pile de cinq couples de Daniel : une pile de vingt-cinq couples avec les fils souterrains fait très-bien marcher les appareils sur une longueur de 50 milles d'Allemagne, 400 kilomètres environ.

Pour éviter d'augmenter trop le nombre des couples, M. Siemens ajoute à ses télégraphes un appareil additionnel, qu'il appelle transmetteur et qui n'est qu'une sorte particulière de relais. Quand on ferme les circuits des piles des deux stations, le courant n'entre pas d'abord dans les bobines des électro-aimants des deux télégraphes; il passe avant tout dans les bobines des transmetteurs, vis-à-vis des pôles desquelles pivotent des armatures semblables à celles du télégraphe et de la sonnerie : aussitôt que ces armatures sont attirées, elles ferment une lacune ou interruption qui existait entre une pièce d'arrêt conductrice et un levier fixé aux armatures; et quand l'armature se détache l'interruption recommence. L'établissement et la rupture du contact est le seul travail dont soient chargés les électro-aimants des transmetteurs : on peut donc donner à leurs ressorts une tension incomparablement plus petite que celle des ressorts même des carillons; et il suffira d'un courant très-faible pour mettre le transmetteur en jeu. Quand le transmetteur a établi le contact dont nous venons de parler, le courant de la pile voit s'ouvrir devant lui un circuit

dérivateur beaucoup plus court et beaucoup moins résistant, qui se compose uniquement, pour la pile de chaque station, des bobines du télégraphe correspondant; ces bobines seront donc traversées par un courant beaucoup plus intense que s'il n'y avait pas eu de transmetteur : les armatures des télégraphes sont attirées et, pendant le temps de leur course, rien n'est encore changé; mais, aussitôt arrivées au terme de cette course, les armatures interrompent le contact dans les télégraphes, le courant qui animait les électro-aimants des transmetteurs cesse, et l'armature de ces aimants est détachée par les ressorts : par là même le courant dérivé, qui rendait actifs les électro-aimants du télégraphe, cesse à son tour; les armatures des télégraphes sont aussi éloignées par leurs ressorts, et les indicateurs avancent d'un pas sur les cadrans, etc., etc. La manœuvre pour donner l'éveil est tout à fait la même avec les transmetteurs que sans les transmetteurs.

La figure 5 donnera une idée du jeu du transmetteur ou électro-aimant additionnel : il sert ici à faire sonner un timbre ou cloche. E, $E'_1$, sont les deux pôles du gros électro-aimant; les extrémités du fil qui le recouvre vont par les fils F, $F_1$ aux deux pôles d'une batterie locale : $ee_1$ est un petit électro-aimant plus petit, un électro-aimant transmetteur, et les extrémités de son fil communiquent l'un avec la terre, l'autre avec le fil conducteur de la ligne. A est l'armature du premier électro-aimant; elle tourne autour d'un axe vertical fixé sur le support $s_1$ et porte le levier $\ell$ terminé par un battant B qui doit frapper sur le timbre à chaque attraction de l'armature. Le fil F va directement à l'un des pôles de la pile locale, le fil $F_1$ se rattache d'abord à une pièce de métal M : à cette même pièce, mais isolé d'elle avec soin, se rattache le fil de platine faisant ressort très-faible $r$, dont l'extrémité est très-rapprochée du petit prolongement en platine du la pièce M, de sorte qu'il suffit d'un très-petit mouvement du ressort $r$ pour l'amener en contact avec M. Un fil $F_2$ unit le ressort $r$ avec le second pôle de la pile. Le prolongement ou le second bras $\ell_1$ du levier $\ell$ porte à ses deux extrémités deux petites chevilles entre lesquelles s'engage une tige $t$ fixée à l'armature $a$ de l'électro aimant $ee_1$. Cette tige se termine par une petite tête ou bouton qui presse tant que l'armature $a$ n'est pas attirée contre un autre bouton semblable porté par un second fil-ressort en platine $r_1$. L'armature A et l'armature $a$ ont enfin leurs ressorts spiraux R, $R_1$

qui tendent à les séparer des électro-aimants dès qu'elles ne sont plus attirées.

Cela posé, si le courant du circuit télégraphique est assez fort, l'électro-aimant $ee_1$ attire son armature $a$; celle ci fait appuyer le ressort $r$ contre la pièce métallique M; par là même le circuit de la pile locale est fermé, son courant circule et rend actif l'électro-aimant de la sonnerie; le battant frappe un coup; mais en même temps son prolongement $l_1$ détache de l'électro-aimant $ee_1$ l'armature du relais; le ressort $r$ abandonne la pièce métallique M, le circuit de la batterie locale est de nouveau ouvert, etc.

Nous ne nous arrêterons pas à décrire les dispositions ingénieuses par lesquelles M. Siemens relie les différentes stations d'une même ligne télégraphique, de telle sorte qu'elles puissent correspondre à volonté soit entre elles, soit avec les stations principales ou extrêmes; ces détails auraient trop peu d'intérêt, et ce que nous avons dit au chapitre des télégraphes anglais et français suffit pleinement.

## TÉLÉGRAPHE DU DOCTEUR KRAMER.

P P, planche X, fig. 7, est une plaque de laiton devant faire partie du circuit, et sur laquelle est fixé un fil-ressort en acier $R$; elle porte un appendice supérieur S que l'on peut enfoncer ou retirer et qui lui est toujours uni métalliquement. L'appendice inférieur I ne touche la plaque que lorsqu'il est enfoncé. Les vis de pression $v_1$, $v_2$ ainsi que la petite plaque métallique $p_1$ sont complétement isolées de PP. Sur la droite du cadran des signaux, visible à l'extérieur de l'appareil, se trouve un bouton ou touche $T_1$ qui ne communique avec PP que lorsqu'elle est abaissée, et qui en est par conséquent ordinairement séparée. Une autre touche $T_2$, placée sur la gauche permet d'agir directement sur l'échappement $e$ au moyen d'un levier, de manière qu'on puisse ramener toujours l'indicateur sur l'espace vide du cadran. Un mouvement d'horlogerie HHHH sollicité par un poids engrène avec une roue placée au centre du cadran et ferait tourner l'indicateur d'un mouvement continu, sans le jeu de l'échappement $e$. On voit sur l'axe de l'indicateur une roue à cheville $r$ et une seconde roue dentée R; la fourche de l'échappement, munie de son contre-poids $c$, pénètre entre les chevilles de la roue; l'échappement d'ailleurs se balance autour d'un axe maintenu

par les deux vis à pointe $v'_1$, $v'_2$. Le mouvement de l'échappement est déterminé par l'électro-aimant E et son armature A : si l'armature est attirée, l'échappement se lève, une des chevilles de la roue $r$ passe ; si l'armature n'est plus attirée, le contre-poids $c$ fait retomber l'échappement, qui se place dans l'intervalle suivant des chevilles. En même temps qu'une cheville a passé, le ressort $R$ a laissé échapper aussi une dent de la roue R : en même temps le ressort $R$ arrive au contact de la petite enclume de platine $e_1$, et ferme, pour un instant, le circuit principal. Mais quand l'échappement retombe, la dent de la roue R s'agrafe avec le ressort $R$ et le sépare de l'enclume. Cette petite enclume est attachée à la plaque $p_1$, isolée, comme nous l'avons dit, de la plaque P P, et ne communique avec elle que lorsqu'elle est en contact avec le ressort $R$.

Il y a à chaque station deux piles, l'une plus grande $P_1$, la pile de la ligne ; l'autre plus petite $P_2$, la pile locale, dont l'action, subordonnée au jeu du pendule ou relais $P$, ainsi que nous l'avons expliqué, ne s'étend pas au delà de la station, et se borne à rendre actif l'électro-aimant E de l'indicateur. Les lignes continues indiquent le circuit principal ; les lignes ponctuées le circuit secondaire du courant de la pile locale. Le pendule un peu grandi dans la figure est portée sur trois pieds $s_1$, $s_2$, $s_3$ ; un fil $f_1$ parti de $s_1$, va à la vis de pression $v'$, de $v'$ à la touche T, et unit le pied $s_1$ avec la plaque PP, lorsque la touche T est abaissée. Un second fil $f_2$ va encore de $s_1$ au pôle cuivre C de la pile principale, dont l'autre pôle Z communique à la station suivante par le fil conducteur de la ligne. Un fil $f'$ parti du second pied $s_2$ va à la vis de pression $v'_1$, et de $v'_1$ en $v_1$, vis isolée de la plaque PP. De $v_1$ partent deux fils, l'un $f'_1$ va à la plaque métallique $p_1$ ; l'autre $f'_2$ va à l'électro-aimant $E_1$, s'enroule autour de ses branches et vient aboutir à la vis de pression isolée $v_2$, pour aller ensuite en $v_3$ et de $v_3$ au pôle cuivre C' de la pile locale, dont le pôle zinc Z' est en communication avec le troisième pied $s_3$ du pendule. Un autre fil $f_3$ unit l'appendice inférieur avec la vis $v_3$, va ensuite s'enrouler autour du multiplicateur du galvanomètre G, et s'unit enfin au fil de terre.

Voici le jeu de l'appareil entier : quand il est au repos, les deux appendices S et I sont enfoncés ou abaissés et communiquent le premier avec la plaque $p_1$, le second avec P. Le courant de la station voisine arrive en Z et suit la marche indiquée par les lignes continues, et arrive à la plaque $p_1$ après avoir traversé le pendule, va à l'appendice

supérieur S, pénètre la plaque PP, arrive à l'appendice inférieur I, va en $v_3$ et de $v_3$ à la terre, et retourne à la station d'où il est venu. Alors donc le circuit des piles principales est fermé, l'armature du pendule est attirée, mais le circuit de la pile locale est resté ouvert, l'armature de l'électro-aimant de l'indicateur n'est pas attirée, l'échappement *e* appuie contre les chevilles; le ressort *R* enfin n'est pas en contact avec l'enclume. Si une station veut transmettre une dépêche, elle écartera l'appendice supérieur S de manière à le séparer de la plaque métallique $p_1$; le circuit principal n'est plus fermé, les armatures des deux pendules ne sont plus attirées, elles tombent; par là même le circuit des deux piles locales est fermé et le courant suit les lignes ponctuées; l'armature A est attirée, l'échappement *e* est soulevé avec son poids; il laisse une cheville passer sous l'action du mouvement d'horlogerie : au même moment la roue dentée R laisse le ressort *R* franchir une dent, ce ressort vient en contact avec l'enclume *e;* et, comme cette enclume communique avec la plaque PP, le circuit principal, ouvert par le retrait de l'appendice, est de nouveau fermé, les armatures des pendules sont attirées de nouveau, les circuits des piles locales sont ouverts, etc. L'armature A retombe, entraînant avec elle l'échappement; le mouvement d'horlogerie entraînera cette fois une cheville inférieure, la roue dentée R ramènera le ressort *R*, celui-ci ne touchera plus l'enclume, le circuit principal sera de nouveau rompu, le circuit local de nouveau fermé, etc., etc. A chaque alternative de fermeture et d'ouverture, les indicateurs ont marché d'un pas sur le cadran et ils continueraient à se mouvoir indéfiniment si on ne les arrêtait pas par un moyen particulier.

Par le mode adopté pour l'échappement, on voit que la rupture et la fermeture du circuit réunies ne déterminent qu'un seul contact de l'enclume avec le ressort *R :* chaque contact répond donc à deux mouvements ou deux pas de la roue à cheville *r*, de sorte que l'aiguille de l'indicateur parcourt en deux pas ou en deux temps l'intervalle de deux signaux. Cet indicateur, de plus, a été fixé sur son axe de manière qu'il coïncide avec le milieu de l'intervalle, quand le circuit de la pile principale est fermé, lorsque les deux appendices sont appliqués contre la plaque. Cela posé, pour arrêter subitement et à volonté les aiguilles des indicateurs devant une lettre quelconque, il suffit de faire obstacle à la progression de l'une d'entre elles au moment où, le ressort *R* étant éloigné de l'enclume *e*, le circuit de la pile locale est

fermé, et où les indicateurs correspondent au milieu de l'espace entre deux lettres; cet effet se produit au moyen de chevilles indiquées sur la figure par des points et liées avec des touches $t$, $t$, que le doigt presse ou abandonne. La fig. 7, planche X, montre l'ensemble du cadran ou du clavier : quand on presse une touche, la pointe ou cheville correspondante sort d'en bas ou s'élève, et arrête l'aiguille qui vient butter contre elle.

## TÉLÉGRAPHE A CADRAN DE M. FROMENT.

L'appareil de M. Froment se distingue de tous les autres par son transmetteur d'une disposition toute particulière.

C'est un clavier semblable à celui des pianos et dont chaque touche porte une lettre ou un chiffre. Il suffit de poser le doigt sur une des touches pour que l'aiguille de la station vienne se fixer sur le signe correspondant.

Les touches T, fig. 1, planche XIV, basculent autour du centre C et portent au milieu de leur longueur une petite palette d'arrêt S dont l'usage sera expliqué ci-après.

Sous le clavier se trouve un arbre en acier A portant en R une roue à rochet, et sur sa longueur des tiges Z en nombre égal à celui des touches, et implantées en hélice de manière que chacune de ces tiges, dans la rotation de l'arbre, puisse être arrêtée par la pièce S correspondant à la touche qu'on a abaissée.

En B se trouve une barre horizontale assujettie à se mouvoir de haut en bas parallèlement à elle-même. Elle s'abaisse quand on appuie sur une quelconque des touches, et se relève lorsqu'on retire le doigt.

L'arbre A est sollicité à tourner dans le sens de la flèche par un rouage d'horlogerie. Il est arrêté dans son mouvement par un rochet $l$ engagé dans les dents de la roue R.

Lorsqu'on pose le doigt sur une des touches, elle s'abaisse, entraîne dans son mouvement la barre B qui dégage le rochet $l$, ce qui permet à l'arbre A de tourner jusqu'à ce que la tige Z, correspondant à la touche qu'on a abaissée, vienne rencontrer l'arrêt S qui lui est superposé.

Une autre touche qu'on vient à abaisser ensuite, produisant un effet semblable, laisse tourner l'arbre A d'un angle proportionnel

à la longueur de l'hélice comprise entre les deux touches qui ont successivement arrêté le mouvement. De sorte que, si l'arbre A porte un interrupteur électrique qui ouvre et ferme le circuit chaque fois qu'il passe une dent de la roue à rochet, l'effet produit par ce mécanisme sur un circuit électrique sera identique à celui que produirait la rotation d'un cadran de télégraphe ayant autant de signaux qu'il y a de touches dans notre appareil, mais avec des avantages bien marqués.

La rotation de l'arbre A étant uniforme et réglée d'après la plus grande vitesse que permet l'appareil récepteur sans manquer son effet, l'accord, une fois établi entre ce dernier et le transmetteur, subsiste indépendamment de la manière plus ou moins régulière dont on touche le clavier, pourvu naturellement qu'on laisse à l'aiguille le temps de parcourir les divisions du cadran; et ce temps est le plus petit possible, puisque l'uniformité de mouvement permet de régler pour la plus grande vitesse moyenne du récepteur.

Il en résulte que la première personne venue, pourvu qu'elle sache lire, est apte immédiatement à transmettre la dépêche sans erreur résultant de l'appareil.

Le rouage se remonte de temps en temps comme à l'ordinaire. Mais on peut être dispensé de ce soin au moyen du mécanisme suivant. Une roue à rochet, à dents fines, fixée au rouage et poussée par un rochet mis en jeu chaque fois que la barre B s'abaisse, remonte peu à peu le ressort du rouage d'une quantité qui a été déterminée un peu plus grande que sa dépense moyenne. Lorsque le ressort est remonté en entier, le rochet cesse d'agir, parce qu'il est soulevé par un levier disposé à cet effet.

Le jeu du mécanisme de M. Froment est véritablement surprenant : quels que soient les mouvements que l'on ait exécutés sur le clavier, de quelque manière qu'on ait abaissé les touches, dès que le doigt s'arrête sur une d'elles, la lettre correspondante apparaît sur le cadran. M. le baron Séguier, président de la commission des télégraphes électriques, m'a affirmé que, de tous les appareils qu'il lui a été donné d'examiner en Angleterre et en France, le télégraphe de notre habile compatriote était certainement le plus simple et le plus parfait.

## CHAPITRE V.

Télégraphes écrivant et imprimant.

### TÉLÉGRAPHE DE M. MORSE.

Le télégraphe de M. Morse comprend : 1° le mécanisme écrivant, 2° la clef ou le correspondant, 3° le système d'écriture ou l'alphabet, 4° le relais.

*Mécanisme écrivant ou récepteur.* — Il est représenté planche XV, fig. 1.

Sur une plate-forme en bois, AB, s'élève une poupée verticale C, contre laquelle l'électro-aimant FF est fixé à l'aide de l'écrou P, qui presse les hélices H, H contre la poupée par le moyen de la plaque O. L'extrémité supérieure de la poupée C est un couvercle ou une bride métallique GG, dont les côtés G, G sont percés et taraudés horizontalement pour porter deux vis à pointe d'acier, aiguës et trempées, entre lesquelles se meut, avec le moins de frottement possible, le levier horizontal L : celui-ci, le levier *porte-plume*, est la pièce principale de la combinaison. A une de ses extrémités, en D, est soudée l'armature de l'électro-aimant ; à l'autre extrémité, en R, le levier porte une ou plusieurs pointes d'acier, qui répondent à autant de rainures pratiquées sur le tour d'un cylindre horizontal d'acier, sous lequel passe la feuille de papier continu destinée à recevoir la dépêche, et qui se déroule régulièrement par l'effet d'un mécanisme à part, fig. 3.

Dans cette disposition, et le circuit une fois établi entre deux stations, soit par un fil double, soit par un fil simple dont les deux extrémités sont plongées dans le sol, chaque passage du courant transmis à une distance quelconque par l'intermédiaire du fil conducteur, rapproche instantanément l'armature D des pôles de l'électro-aimant, ce qui ne peut avoir lieu sans que les pointes R du levier-plume aillent frapper contre le cylindre S, en laissant sur le papier interposé et en mouvement des traces plus courtes ou plus longues, des points plus rapprochés ou plus espacés, selon les intervalles divers que le corres-

pondant aura mis entre les instants de fermeture et de rupture du circuit. Remarquons que tant que le contact existe, le levier-plume agit sur le papier : aussitôt que la communication est interrompue, le ressort MM abaisse le levier, et le porte-plume quitte le papier. Enfin, pour que ces mouvements, qui doivent se succéder à volonté et d'une manière très-rapide, entraînent le moins de choc possible, on a fixé sur le chapeau GG une traverse JJ, portant à ses deux extrémités deux vis verticales dont les extrémités servent à régler le mouvement du levier, et à le maintenir dans des limites étroites, suffisant seulement à assurer l'exactitude et la régularité de l'effet combiné et alternatif de l'armature et du porte-plume.

Nous avons dit que la feuille de papier qui passe sous le cylindre d'acier S, contre la surface inférieure duquel la pointe-plume R laisse ses impressions, était attirée, d'une manière uniforme, par un mécanisme particulier. Celui-ci n'est qu'un simple appareil d'horlogerie, mû par un poids, et qui se trouve adossé à la poupée C, du côté opposé à l'électro-aimant.

Le papier dont on se sert pour l'écriture télégraphique est fabriqué sous la forme de feuille continue, d'une longueur indéfinie, et d'environ 1 mètre 20 centimètres de large; il est roulé très-serré sur un cylindre de bois. Il est ensuite placé sur un tour et on le marque dans le sens de sa largeur en laissant entre chaque marque une distance de 385 millimètres. Un couteau, appliqué tour à tour sur chaque division, coupe le papier pendant qu'il tourne, et s'arrête au cylindre de bois. On prépare de cette manière environ vingt-huit petits rouleaux d'environ 38 centimètres de diamètre, et qui sont prêts à être mis en usage.

Voici comment l'opérateur, placé à une station éloignée, peut mettre à volonté les rouages en mouvement. Sur le montant R′, fig. 2, est un barillet de métal, sur lequel passe la corde qui soutient le poids moteur; par le moyen de cette poulie et des roues intermédiaires, le mouvement produit est communiqué à deux cylindres E, F placés en avant du cylindre d'acier S : ces deux cylindres saisissent entre eux le papier 2, 2, 3, et le font passer uniformément sous la plume. F et E sont les deux roues qui saisissent le papier 2, 2 : le cylindre E est uni à la machine par une roue dentée; F n'est pas lié de la même manière, il est pressé fortement sur E par des ressorts fixés aux bouts de l'axe : S est le cylindre d'acier au-dessous duquel on voit passer le papier

2, 2. Immédiatement au-dessous de ce dernier cylindre est, en R, une des pointes d'acier fixées au bout du levier, dont on ne voit qu'une partie. Nous allons maintenant passer à l'explication des organes adhérents aux rouages et au levier, et qui permettent à l'opérateur de mettre à volonté les rouages en mouvement ou de les arrêter.

Dans la fig. 2, en R′, est une petite poulie sur le barillet du montant qui contient les rouages; en Q est une autre poulie, mais plus grande. En 10 est une corde qui part de la poulie R′, tourne autour de la poulie Q, et revient à la poulie R′, devenant ainsi continue. Cette corde communique le mouvement de la poulie R′ à la poulie Q.

On a supprimé plus tard la poulie et la corde et on les a remplacées par deux petites roues dentées. B est le barillet; la flèche correspondante indique la direction du mouvement; la flèche dessinée en Q montre la direction que prend cette dernière poulie lorsqu'elle reçoit le mouvement de R′. Q est brisé en partie pour laisser voir le bras H, qui est soudé sur le même axe que la poulie Q, et se trouve directement au-dessous du levier L. Il est courbé, en D, de manière à venir appuyer contre la roue de frottement en bois C, au point P. La roue de frottement est fixée par le milieu sur la dernière vis de la machine et au-dessous du levier L. Du levier L part une petite verge de métal A, qui traverse le bras H; une vis et un écrou I, placés à l'extrémité de cette verge, servent à l'allonger ou à la raccourcir. Elle doit agir librement, tant à son point de jonction avec le levier qu'à son point de jonction avec le bras. Cette verge est aussi allongée de manière à traverser la plate-forme, au-dessous de laquelle elle fait agir un marteau qui frappe une cloche, pour avertir l'opérateur qu'une communication va être transmise. Maintenant que les diverses parties sont expliquées, voici quelle est leur action combinée.

Le coude HD, lorsqu'il est mis en contact avec la roue de frottement C, empêche le poids des rouages d'agir sur la machine, et il n'y a pas de mouvement. Par l'action de l'aimant, le levier L prend la direction de la flèche 3, 4, entraînant avec lui la verge A et le coude HD. Le coude étant ainsi éloigné de la roue de frottement C, les rouages commencent à marcher sous l'action du poids. Le barillet B tournera donc dans la direction de sa flèche; ce mouvement est communiqué par la corde à la poulie Q, qui tournera aussi dans la direction de sa flèche; en conséquence, si le levier L n'est plus soulevé par l'aimant, le coude descendra doucement, et lorsqu'il touchera le

point P, il arrêtera le mouvement des rouages, à moins que le levier ne continue de marcher, auquel cas le bras D, s'éloignant de la roue C, permettra aux rouages de tourner. Par ce moyen l'opérateur, placé à une distance plus ou moins grande de la machine, peut gouverner le mouvement du papier, de telle sorte que, lorsqu'il voudra écrire, la machine sera mise en mouvement, et que, lorsqu'il aura terminé, elle s'arrêtera aussitôt.

La clef ou correspondant est représentée fig. 3, presque de grandeur naturelle.

PP est la plate-forme ; E est une enclume métallique, dont le bout inférieur, qui apparaît au-dessous de la plate-forme, porte le conducteur de cuivre C ; M est le marteau de métal attaché à la tringle, soudée elle-même au bloc B ; le tout est fixé à la plate-forme PP par des écrous. Le second conducteur D traverse tout l'appareil et vient se souder à la tringle, en D ; on se sert de la clef pour écrire à la station éloignée, et généralement elle se trouve avec la machine sur la même table.

Nous allons maintenant décrire la manière dont on transmet une dépêche d'une station à une autre, de Baltimore, par exemple, à Washington : la clef du premier opérateur est à Baltimore, son registre ou pupitre est à Washington ; la clef du second opérateur est à Washington, et son registre se trouve à Baltimore. Chacun a l'entier contrôle de son registre respectif ; seulement, chaque opérateur monte l'instrument de l'autre et lui fournit le papier. Il faut se rappeler que chaque circuit est partout complet et continu excepté aux clefs, où il est ouvert. Si alors le marteau est mis en contact soudain avec l'enclume, et que, par l'action de la verge, on lui fasse reprendre sa première position, le courant engendré par la pile, accomplit sa course sur le circuit ; et, quelle que soit la rapidité avec laquelle le contact ait été accompli et détruit, il a fait un aimant du fer doux de la machine ; cet aimant attire à lui l'armature du levier-plume ; ce dernier, avec ses pointes d'acier, frappe le papier et, en montant, dégage la roue de friction ; celle-ci laisse aller les rouages qui, par le moyen du poids, commencent à tourner, et les deux cylindres fournissent du papier à la plume. Mais si l'on ne touche qu'une fois la clef, les rouages s'arrêtent par l'action du coude sur la roue de friction.

La figure 4 représente une nouvelle clef dans la construction de laquelle on s'est servi avec avantage d'un levier pour obtenir une com-

munication plus parfaite avec une moins grande application de puissance. Elle opère avec facilité, certitude et rapidité. AA est un bloc sur lequel les diverses parties sont fixées : E représente le montant de l'enclume, et J l'enclume, vissée sur le montant; tous deux sont en métal : B est un autre bloc pour l'enclume d'arrêt K et le bras S qui porte l'axe du levier C. L est le marteau vissé au-dessus de l'enclume et se projetant sur elle. R est un autre marteau du même genre, qui est en contact avec l'enclume K, lorsqu'on n'abaisse pas le levier. Sous la tête de chacun de ces marteaux sont des vis d'attache qui maintiennent perpétuellement les marteaux dans la position nécessaire à la manipulation facile du levier C. D est un ressort qui soutient le bras du levier, empêchant ainsi le marteau L de se mettre sans nécessité en contact avec l'enclume J. F est un écrou communiquant avec le bloc E, et G un autre écrou communiquant avec le bloc B : à ces écrous sont joints les fils I et H de la pile. Pour faire marcher cette machine, il faut mettre le marteau L en contact avec l'enclume J, pendant le temps et les intervalles nécessaires à la formation des lettres qui composent la dépêche. Quand on abaisse la clef, le courant prend la route suivante : la pile, le fil H, la vis G, le bloc B, le levier C, par l'axe S, l'enclume J, la vis F, le fil I et la pile.

Voilà toute l'opération du télégraphe. Pour expliquer plus en détail l'action des pointes d'acier sur le papier qui est en contact avec le cylindre creux, nous supposerons que l'on touche la clef quatre fois : cela suffira pour faire agir les rouages et permettre au papier de glisser uniformément. Maintenant, que l'on touche la clef six fois, le contact a été produit et détruit six fois : chaque fois qu'il est produit, l'aimant électrique, ainsi que nous l'avons expliqué, attire à lui, avec une force considérable, l'armature du levier-plume, poussant ainsi les pointes d'acier contre le papier 2, sous le cylindre d'acier S. Les trois pointes de la plume tombant dans la cavité correspondante du cylindre, emmènent avec elles le papier et le marquent à chaque contact. Alors on voit sur le papier, à mesure qu'il sort de dessous les cylindres, six marques, qui ne percent pas le papier, mais qui sont imprimées en relief, comme les caractères à l'usage des aveugles.

M. Morse se servait d'abord d'un crayon de mine de plomb qui écrivait les caractères sur le papier. Mais il fallait aiguiser le crayon à chaque instant; on lui substitua une plume d'une construction particulière : un réservoir attaché à la plume fournissait l'encre. Cette

plume répondit à ce qu'on en attendait, tant qu'on fut attentif à la fournir d'encre ; l'écriture cependant paraissait confuse, tant à cause de la forme des lettres que de la rapidité ou de la lenteur variables des pulsations : puis, si la plume s'arrêtait quelque temps, l'encre s'évaporait et laissait dans la plume un sédiment qu'il fallait retirer avant de remettre la plume en activité. Toutes ces difficultés forcèrent l'inventeur à rechercher d'autres manières d'écrire. Après une longue série d'expériences, on s'en tint pendant quelque temps à une méthode basée sur les principes des presses à copier. Mais ce plan ayant été l'objet d'une foule d'objections, on s'arrêta enfin, après beaucoup de dépenses et de temps perdu, au plan actuel, qui répond parfaitement à tout ce qu'on peut désirer. Il imprime sur le papier des marques auxquelles il est impossible de se méprendre : il est fort propre, et les pointes d'acier qui servent de plumes, étant faites de l'acier le plus dur, ne s'usent pas, et maintiennent l'appareil dans un état permanent d'activité.

Les lettres sont formées de points, de lignes plus ou moins longues et d'espaces plus ou moins longs. Une seule pulsation de la clef répond à un seul point sur le papier du registre, ce point représente la lettre E. Une pulsation prolongée, c'est-à-dire le contact de la clef maintenu pendant le temps nécessaire pour faire 2 points, produit une courte ligne et représente T : une seule pulsation prolongée pendant l'espace nécessaire pour faire 4 points, donne une longue ligne et représente L : une pulsation de 5 points est une ligne plus longue encore et représente le chiffre 0. Si l'on arrête la clef pendant la durée de 3 points, on aura le court intervalle qui doit séparer les lettres ; si on l'arrête pendant 6 points, on aura l'espace qui doit séparer les mots ; une plus longue suspension sert pour distinguer les phrases. Tels sont les éléments qui entrent dans la construction des caractères télégraphiques. L'alphabet est formé par la combinaison de ces éléments, ainsi qu'il suit :

A, ·—; B, —···; C, —·—·; D —··; E, ·; F, ··—·; G, ——·;
H, ····; I, ··; J, ·———; K, —·—; L, ·—··; M, ——; N, —·;
O, ———; P, ·——·; Q, ——·—; R, ·—·; S, ···; T, —, U, ··—;
V, ···—; W, ·——; X, —··—; Y, —·——; Z, ——··; etc., etc.

1, ·————; 2, ··———; 3, ···——; 4, ····—; 5, ·····;
6, —····; 7, ——···; 8, ———··; 9, ————·; 0, —————

L'emploi de lignes de diverses longueurs, l'une simple, celle du T, l'autre double, celle de L, la troisième triple, celle du zéro, n'est

pas sans quelque inconvénient. Nous préférerions de beaucoup l'alphabet de Steinheil, qui fait usage d'une seule ligne et d'un point, sans que jamais un signal comprenne plus de quatre éléments, lignes ou points.

C'est un inconvénient assez grave aussi que d'avoir à mesurer par la pensée, à estimer par la main en quelque sorte la durée de la pression à exercer sur la clef, afin d'obtenir un point ou des lignes plus ou moins longues. Pour lever cette difficulté, M. Morse avait inventé sa table des lettres, représentée par la fig. 5. Les parties blanches sont en ivoire; les parties noires, ou entourées de lignes noires, et qui correspondent aux points ou aux lignes de l'alphabet, sont en métal, incrustées dans l'ivoire et en contact avec une plaque métallique placée sous la plaque d'ivoire. Cette plaque métallique remplace l'enclume de la clef du télégraphe, et communique par le fil *f* avec l'électro-aimant de l'appareil écrivant. Le fil F, venant de la station éloignée, se lie, par l'intermédiaire d'un fil plus fin roulé en spirale et recouvert de soie, avec la tête métallique du stylet en ivoire S, que traverse un fil métallique terminé par une pointe arrondie de platine. Si maintenant on promène le stylet conducteur S sur les espaces métalliques et isolants de la planche des lettres, le courant sera fermé et ouvert alternativement comme il l'aurait été par le contact du marteau de la clef avec son enclume; on retrouvera donc sur le papier la même disposition de points et de lignes. Si, pour composer une depêche, on se servait de plaques alternativement isolantes et conductrices, de longueurs proportionnelles aux intervalles de l'alphabet de Morse ou de Steinheil, et qu'on promenât le stylet S sur la dépêche ainsi composée, elle se trouverait écrite en points et lignes saillantes sur le papier. M. Bain a eu une idée plus heureuse encore, c'est de tracer à l'avance la dépêche à transmettre sur une bande de papier où les lignes et les points sont représentés par des espaces vides. Nous expliquerons bientôt en détail cette méthode si ingénieuse et si efficace.

Il est évident que, puisque l'opérateur de Baltimore n'a aucune part à la transmission du message de Washington, sa présence n'est pas absolument nécessaire dans la chambre du télégraphe de Baltimore: il n'est pas utile non plus de faire la question préalable : *Êtes-vous là?* L'opérateur de Washington transmet la dépêche à Baltimore, que son collègue soit là ou non, et les caractères télégraphiques sont distinctement imprimés sur le papier du registre de Baltimore. Si

l'opérateur omet une lettre à Washington, elle est également omise à Baltimore; s'il ajoute une lettre à Washington, une lettre sera aussi ajoutée à Baltimore : rien de plus, rien de moins.

Le télégraphe de Morse, en Amérique comme en Angleterre, fonctionne presque toujours par l'intermédiaire d'un relais, de telle sorte que le courant principal n'a pas d'autre action à produire que de fermer le circuit d'une pile locale très-intense, la pile de Grove; c'est le courant né de cette pile qui met en jeu l'appareil écrivant. La fig. 6, planche XV, représente la forme particulière de relais adaptée au télégraphe de Morse par M. Halske. EE′ est l'électro-aimant, A son armature fixée à l'extrémité d'un levier à deux bras LL′. L'axe du levier se termine en pointes coniques à ses deux extrémités; les pointes pénètrent dans deux petites cavités $a$, $a'$ creusées dans deux vis ou deux chapes fixées sur le support S; le levier, par conséquent, et l'armature tournent librement autour de l'axe $aa'$. Lorsque les électro-aimants deviennent actifs par le passage du courant, l'armature est attirée, le levier LL′ tourne autour de son axe, l'extrémité L est abaissée, l'extrémité L′ relevée; un ressort à boudin R, fixé d'une part à l'extrémité L′ du levier, de l'autre à un écrou mobile $e$, tend sans cesse à abaisser l'extrémité L′ et à détacher l'armature de l'électro-aimant; il la détache en effet dès que le courant est interrompu. On tend plus ou moins le ressort à l'aide de la vis V qui tourne à droite ou à gauche, fait monter ou descendre l'écrou $e$. L'extrémité L du levier passe entre les pointes $p_1$, $p_2$ des vis $V_1$, $V_2$, portées par la colonne C; la pointe $p_2$ est revêtue d'ivoire, la pointe $p_1$ est en métal, ainsi que la vis entière $v_1$. L'espace compris entre les pointes est toujours très-petit; on le règle, ainsi que la tension du ressort R, pour chaque intensité du courant. La pointe $p_2$ doit être à une hauteur telle, qu'elle soit touchée par l'extrémité L dès que l'armature sera attirée. Les colonnes C, C′ et le support S sont isolés de la table par des lames d'ivoire; et deux fils métalliques $f$, $f'$ incrustés dans cette table sont en contact l'un avec la colonne C, l'autre avec la colonne C′. P est la pile locale formée de 3 à 5 éléments; son pôle positif communique au fil $f$, et par la vis de pression $v_1$ à la colonne C; son pôle négatif est lié à l'une des extrémités du fil de l'électro-aimant de l'appareil à imprimer ou du récepteur d'un autre télégraphe quelconque; tandis que la seconde extrémité du fil de l'électro-aimant fixée par la vis de pression $v_2$ communique avec la colonne C′. Les extrémités F, F′

du fil de l'électro-aimant du relais sont unies l'une au fil conducteur de la ligne, l'autre au fil de terre. Le plan de cet appareil est extrêmement simple : le courant principal rend actif l'électro-aimant du relais, l'armature A est attirée, l'extrémité L du levier arrive en contact métallique avec la pointe $p_1$, le circuit de la pile locale est fermé, et c'est le courant né de cette pile qui fait fonctionner le récepteur ou appareil imprimant.

La fig. 7 représente la disposition qu'il faut donner à la clef ou au correspondant lorsqu'on doit interposer un relais entre lui et le mouvement d'horlogerie de l'appareil écrivant. Elle doit, 1° lorsque le télégraphe n'écrit à aucune des stations, laisser ouvert le circuit des piles locales; 2° dans ce même état de repos laisser toujours fermé le circuit principal de la ligne, afin de pouvoir transmettre le courant excité à la station éloignée; 3° être en communication avec le relais de manière à laisser passer le courant principal à l'électro-aimant du relais, de telle sorte que le circuit de la pile locale soit aussitôt fermé; 4° enfin, cesser d'être en communication avec le relais aussitôt qu'en fermant le circuit principal elle va mettre en mouvement l'appareil écrivant de la station de correspondance, afin que le courant de la pile principale aille directement aux appareils de l'autre station, sans être forcé de traverser le fil de l'électro-aimant du relais. La clef que nous allons décrire a été construite par l'habile mécanicien Halske.

TT est une table en bois, PP une plaque en laiton avec deux supports verticaux S, S, dans lesquels s'engagent les extrémités *a*, *a* de l'axe d'un levier à deux branches LL, toujours en contact métallique avec la plaque PP; le levier a deux prolongements, l'un M, l'autre Q: au-dessous du marteau M se trouve sur la plaque PP une petite enclume métallique E; dans l'état de repos, le ressort R tient le marteau éloigné de l'enclume : le prolongement Q, au contraire, est alors en contact intime avec un petit cylindre métallique *c* entouré d'un cylindre d'ivoire *I* au sein de la plaque PP, et communiquant métalliquement avec la vis de pression $V_1$. L'enclume aussi communique avec la vis de pression $V_2$, et la plaque PP avec la vis de pression V. Dans la position que nous venons de décrire la clef est fermée; mais si l'on presse sur l'extrémité ou touche L, le prolongement Q ne communiquera plus avec la vis $V_1$, parce qu'il cessera de toucher le cylindre *c*; le marteau, au contraire, touchera l'enclume et communiquera avec la vis de pression $V_2$ : la clef alors sera fermée, mais elle

se rouvrira d'elle-même par l'action du ressort quand la pression cessera.

Chaque station aura 1° une pile principale et sa pile locale; 2° un appareil écrivant; 3° un relais; 4° une clef semblable à celle que nous venons de décrire. La fig. 8 montre la disposition de ces appareils aux deux stations extrêmes de Berlin et de Cologne. $A$, $A'$ sont les deux appareils écrivants, $R$, $R'$ sont les deux relais, $C$, $C'$ sont les deux clefs, $P$, $P'$ les deux piles de la ligne, $p$, $p'$ les deux piles locales ou des stations. On a supprimé les leviers des clefs, en indiquant par un ensemble de trois lignes pointées les communications établies; ainsi, l'on voit sans peine que la clef de Berlin est fermée et celle de Cologne ouverte. Le courant parti du pôle positif + de la pile P vient en $V_2$, dans la clef $C$, va à l'axe $aa$, à la vis V, à la terre T, sort à Cologne en T', arrive en V', va à l'axe de la clef ouverte, passe à la vis $V'_1$, et de là au relais, traverse le fil de l'électro-aimant du relais, sort par $v'$, entre dans le fil conducteur souterrain de la ligne, arrive par $v$ au relais de Berlin; qu'il ne traverse pas, parce que le circuit n'est pas fermé en $e$, puisque la clef de Berlin est ouverte : il viendra donc au pôle négatif — de la pile P. Le circuit principal a donc été fermé de Berlin à Cologne, et un seul des relais, celui de Cologne, est traversé par le courant : alors aussi le circuit de la pile locale de Cologne est fermé; le courant va du pôle positif + à la colonne C du relais, de là, par le levier, à la colonne C', puis à la vis $V_2$, à l'appareil écrivant, par le fil $c$, et revient au pôle négatif.

M. Stöhrer, mécanicien habile de Leipzig, que nous avons déjà nommé plusieurs fois, a cru perfectionner le télégraphe écrivant de M. Morse en remplaçant la pointe unique par un système de doubles pointes fonctionnant alternativement, et donnant deux séries de points ou de lignes situées sur deux lignes horizontales superposées. La fig. 9 représente la modification apportée par M. Stöhrer. SN, S'N' sont deux électro-aimants en communication avec deux relais distincts, et deux piles locales, dont les courants circulent alternativement en sens contraire, suivant que l'on fait agir l'une ou l'autre des clefs placées à distance; $sn$, $s'n'$ sont deux aimants permanents, tournant horizontalement autour d'axes verticaux et dont les extrémités $n$ et $s'$ portent deux pointes d'acier guidées ou retenues par les chevilles C, C', de telle sorte que les pôles $s$ et $n'$ des aimants ne peuvent s'approcher que des pôles N' et S des électro-aimants : chaque attraction presse les

pointes contre le papier et y imprime un point ou une ligne, suivant sa durée.

Le télégraphe de Morse est un excellent télégraphe, très-simple, très-efficace, très-rapide dans ses transmissions. M. Steinheil parle avec admiration des modèles qu'il a vus et expérimentés chez M. Broking, à Hambourg; un employé exercé écrit en moyenne 17 mots par minute, autant par conséquent que le ferait un écrivain habile avec la plume; il n'y eut jamais aucune erreur, quelque prolongées que fussent les expériences. C'est, au reste, un grand avantage que de posséder sur une bande écrite de papier la correspondance que les télégraphes à aigoilles et à cadran montrent simplement en l'air, et laissent à l'état d'ombre fugitive, s'il est permis de s'exprimer ainsi.

M. Froment, de son côté, a construit un télégraphe écrivant dans les mêmes principes que celui de Morse. Il conserve le crayon rejeté par M. Morse, mais le crayon taillé sans cesse de nouveau, et maintenu dans sa condition primitive de service excellent et sûr, sans l'intervention de l'employé.

Nous donnons dans une planche particulière, XIV, fig. 2, les dessins du télégraphe imprimant de M. Froment; mais sans nous arrêter à le décrire longuement.

## TÉLÉGRAPHE ÉCRIVANT DE M. FROMENT.

En présentant à l'Académie ce charmant appareil M. Pouillet disait :

« Cet appareil est un de ceux que l'administration des télégraphes » a demandés, il y a quelques mois, à cet habile artiste. Ce qui le dis- » tingue, c'est qu'il écrit la dépêche, non pas en lettres, mais en » signes, au moyen d'un crayon qui se taille en écrivant, parce qu'il » tourne sur lui-même en même temps qu'il exécute son mouvement » de va-et-vient; le crayon est mû d'une manière directe et sans inter- » médiaire par l'armature de l'électro-aimant, et peut exécuter jus- » qu'à trois ou quatre mille vibrations simples par minute. »

La légende ci-jointe donnera une idée suffisante de l'appareil.

C, crayon écrivant sur la bande de papier B.

R, roue à rochet faisant tourner le crayon sur son axe.

L, levier mobile portant le crayon.

E, électro-aimant.

F, contact en fer doux fixé au levier.

C, cylindre sur lequel s'enroule la bande de papier B.

Il est mis en mouvement par un rouage dont on règle la vitesse à volonté.

C′, C″, cylindres pressant la bande de papier B.

## TÉLÉGRAPHE ÉCRIVANT ET TINTANT DE M. LE DOCTEUR DUJARDIN DE LILLE.

Ce télégraphe se compose essentiellement de trois appareils. Le premier, que nous avons déjà décrit, est une machine électro-magnétique servant à engendrer le courant ; le second sert à éveiller l'attention de l'employé et à tinter les dépêches ; le troisième écrit les dépêches. Le télégraphe de M. Dujardin a la plus grande analogie avec celui de M. Steinheil, dont il n'est au fond qu'une modification perfectionnée. L'auteur nous assure qu'il l'a encore beaucoup amélioré dans ces derniers temps ; nous avions même espéré qu'il pourrait nous envoyer à temps de nouveaux dessins, mais ils ne nous sont pas parvenus : ces améliorations, au reste, ne sont que des améliorations de détail, que chacun peut imaginer sans peine.

L'appareil qui sert à avertir et à tinter les dépêches, et qui s'appelle *sonnerie*, est représenté planche XVI, fig. 4 et 5. La fig. 4 est une vue de dessus et la fig. 5 une vue de côté. Les mêmes lettres représentent les mêmes objets dans les deux figures.

ABCD est un électro-aimant fixé verticalement sur une planche, à l'aide d'une vis dont la tête est située sous la planche. Les bouts du fil de cet électro-aimant sont soudés sur deux petites pièces de laiton E, F, qui sont munies de vis de pression. Deux petites palettes de fer doux, G, H, sont fixées sur les bords des cylindres de fer de l'électro-aimant : elles peuvent s'éloigner ou se rapprocher. Elles servent à rapprocher plus ou moins l'un de l'autre les pôles de l'électro-aimant, ce qui est d'une grande importance pour régler le jeu de l'appareil.

IK est une aiguille aimantée quadrilatère. Elle consiste en un bout de ressort de pendule de 15 millim. de largeur environ, et de 12 à 15 centimètres de longueur. Un petit bouton de laiton est fixé à son centre : ce bouton est percé d'un trou et reçoit à frottement très-dur une aiguille à coudre qui sert de pivot à l'aiguille aimantée. Une lame de laiton, pliée à angle droit à chacun de ses bouts, présentant à

sa partie supérieure un trou et à sa partie inférieure une cavité conique, sert de support à l'aiguille aimantée : ce support est fixé à la partie supérieure du montant LM, fig. 5.

N, fig. 4, est un grand verre à boire cylindrique que l'on choisit aussi sonore que possible; les verres coniques seraient peut-être préférables. Le verre N est percé, au centre de son fond, d'un trou qui donne passage à une vis qui sert à le fixer à l'un des bouts d'une lame de laiton O, laquelle est fixée par son autre bout sur la planche de l'appareil. Il faut avoir soin, pour ne pas altérer la sonorité du verre, de faire en sorte que celui-ci ne soit en contact avec la lame O que par son centre, ce qu'on obtient en donnant au bout de la lame sur lequel le verre se pose plus d'épaisseur qu'au reste de la lame.

P, fig. 4, est un cylindre de bois, ayant même diamètre et même hauteur que le verre à boire. Ce cylindre est fixé sur l'un des bouts d'une lame de laiton Q, laquelle est fixée par son autre bout sur la planche de l'appareil. Les lames de laiton O et Q, fig. 4, permettent au verre et au cylindre de bois de s'approcher ou de s'éloigner, ce qui est très-utile pour régler le jeu de l'appareil.

La *sonnerie*, mise en communication avec la *machine magnétique*, fonctionne de la manière suivante : lorsqu'on soulève le manche VX de la machine magnétique, on produit dans le fil de cuivre de ses bobines un courant électrique qui va aimanter l'électro-aimant de la sonnerie dans un sens tel que l'aiguille aimantée, attirée par l'un des pôles et repoussée par l'autre, est chassée violemment contre le verre, qu'elle met en vibration. Lorsqu'on laisse retomber le manche de la machine magnétique, on produit dans le fil de cuivre de ses bobines un courant électrique contraire au premier, et qui va aimanter l'électro-aimant de la sonnerie en sens inverse de sa première aimantation. Par suite de ce renversement de polarité dans l'électro-aimant, l'aiguille aimantée de la sonnerie est repoussée contre le cylindre de bois. Si l'on soulève et si l'on abaisse dix fois alternativement le manche ou plutôt le levier de la machine magnétique, la sonnerie produit dix sons.

L'appareil qui sert à écrire les dépêches est représenté figures 6 et 7. Dans la figure 6 l'appareil est vu de dessus; la figure 7 représente l'électro-aimant et la plume vus de côté et dans leurs dimensions réelles.

ABCD, fig. 6, est un cylindre creux ou tambour en laiton de 12 à

15 centimètres de diamètre. Son axe EF, GH repose sur les gorges de deux montants IK, LM, qui sont fixés sur la planche de l'appareil. La moitié GH de l'axe du tambour est creusée d'un pas de vis à filet carré. Une lame d'acier fixée sur le montant LM pénètre dans le filet de la vis. Le bout E de l'axe du tambour offre un appendice EN, qui sert à transmettre au tambour l'impulsion du moteur.

OP, fig. 6, est une boîte qui renferme un tourne-broche à poids dont la manivelle QR sert à faire tourner le tambour ABCD par l'intermédiaire de la pièce EN.

ST, fig. 6, est un électro-aimant dont une partie est cachée par le tambour sous lequel elle est située. Cet électro-aimant est couché horizontalement sur la planche de l'appareil. Les bouts du fil de cuivre de cet électro-aimant sont soudés sur deux pièces de laiton U, V. X est une vis de rappel fixée dans une pièce immobile YZ; elle sert à faire avancer ou reculer l'électro-aimant, ce qui est très-utile pour régler le jeu de la plume de l'appareil.

ABCD, fig. 7, est une vue de côté de l'électro-aimant ST, fig. 6.

EFG, fig. 7, est une portion de section du tambour ABCD, fig. 6.

HIJKL, fig. 7, est la plume du télégraphe, vue de côté. Cette plume se compose de quatre pièces : 1° un fil d'argent ou de platine HI, plié à angle aigu; 2° Un fil de fer JKL, plié à angles obtus; 3° un axe en acier K; cet axe KK′, fig. 7, est pivoté à ses deux bouts et présente un trou à son milieu pour livrer passage au fil de fer; 4° un aimant L en acier fondu, trempé au rouge blanc, et aimanté à saturation; cet aimant est vu entier en LL′, fig. 7, il est percé d'un trou à son milieu pour recevoir le bout du fil de fer. Les quatre parties, ou plutôt les quatre pièces qui composent la plume sont soudées ensemble à l'étain. L'extrémité H de la plume est aplatie; un gros fil de coton, représenté, fig. 7, par une ligne courbe ponctuée, enveloppe le bout de la plume sous forme d'anse; le bec de la plume présente une petite échancrure destinée à empêcher le déplacement du fil de coton, qui est assujetti par quelques tours de fil de soie.

MNOP, fig. 7, est un vase rempli d'encre ordinaire, dans laquelle le bout de la plume est immergé; le fil de coton fixé sur le bec de la plume est constamment imbibé d'encre; la plume, par conséquent, est toujours prête à fonctionner : on doit avoir soin d'entretenir l'encrier rempli d'encre. Le support de la plume n'est pas représenté fig. 7 : ce support consiste en une lame de laiton pliée en U, et présentant un

trou à l'extrémité de chacune de ses branches pour recevoir les pivots de l'axe de la plume.

Voici comment on dispose le papier sur lequel les dépêches doivent être écrites. L'appareil est pourvu d'un certain nombre de manchons en zinc parfaitement cylindriques, qui s'adaptent à frottement léger sur le tambour ABCD, fig. 6, qu'ils recouvrent entièrement. C'est sur ces manchons que l'on dispose le papier destiné à recevoir les dépêches. Ce papier doit être un papier à lettre de belle qualité et sans pli : on le tend sur le manchon et on colle les deux bouts l'un sur l'autre au moyen d'une très-mince couche de cire molle composée de cire blanche et de térébenthine de Venise fondues ensemble.

L'appareil à écrire, étant mis en communication avec la machine magnétique, fonctionne de la manière suivante : le tambour est mis en mouvement par le tournebroche : il exécute simultanément deux mouvements, l'un de rotation sur lui-même, et l'autre de translation sur son axe ; celui-ci est dû à la vis GH, fig. 6 : ce double mouvement fait que la dépêche s'écrit en spirale sur la surface du tambour. Lorsqu'on détache la plaque de fer RS, fig. 1 et 2, des bouts de l'aimant, on produit un courant qui va aimanter l'électro-aimant, ABCD, fig. 7, dans un sens tel que son pôle boréal est en regard du pôle boréal de l'aimant de la plume, et son pôle austral en regard du pôle austral de ce même aimant ; il y a répulsion entre l'aimant et l'électro-aimant ; l'aimant est chassé dans la direction indiquée par la flèche fig. 7 ; le bec de la plume sort de l'encre, va frapper le papier du tambour, et y trace un point d'encre. Lorsqu'on laisse retomber la plaque de fer RS sur les bouts de l'aimant, on produit un courant électrique qui va aimanter l'électro-aimant ABCD, fig. 7, en sens contraire de sa première aimantation. Il y a alors attraction entre l'électro-aimant ABCD, fig. 7, et l'aimant de la plume ; le bec de la plume rentre dans l'encre. Si l'on soulève et si l'on abaisse dix fois alternativement le levier de la machine magnétique, on trace dix points d'encre sur le papier du tambour.

On vient de voir comment on produit des sons au moyen de la sonnerie, et comment on trace des points d'encre au moyen de l'appareil à écrire. Dans la pratique, on met simultanément la sonnerie et l'appareil à écrire dans le circuit de la machine magnétique, de manière à produire simultanément des *sons* et des *points d'encre*. Les dépêches se trouvent ainsi simultanément *tintées* et *écrites*.

M. Dujardin se trompe en attribuant à M. Jacobi l'invention du télégraphe électrique qui *tinte* et *écrit* les dépêches tout à la fois. Il a voulu parler sans doute du télégraphe de Steinheil, qui n'est ni si imparfait qu'il semble l'affirmer, ni si différent du sien.

Il convient maintenant d'indiquer comment on doit grouper les sons ou les points d'encre pour composer des signaux. Voici la méthode adoptée par M. Dujardin. Tout signal se compose de deux groupes successifs, comme l'indique le tableau suivant :

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | E | A | I | M | B | 1 |
| 2 | O | U | N | C | F | 2 |
| 3 | D | R | L | Q | G | 3 |
| 4 | T | P | V | H | K | 4 |
| 5 | S | W | J | Y | Z | 5 |
| 6 | X | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |

Pour savoir quels groupes de points doivent représenter une lettre donnée on place à côté l'un de l'autre les deux chiffres de la colonne horizontale d'abord et verticale ensuite au point de rencontre desquelles se trouve la lettre ou le chiffre en question. Ainsi N (2, 3) est représentée par les deux groupes .. ... Le premier de deux, le second de trois points. R (3, 2) est représenté par ... .. , etc.

On peut construire une table de Pythagore dont les cases soient beaucoup plus grandes que celles de la table ci-dessus, et inscrire dans chacune de ces cases, non plus une lettre ou un chiffre, mais une phrase entière. Alors, chaque case représentera, non plus un élément de mots ou de nombres, mais une idée complète.

Voici un moyen propre à faciliter la transmission d'une dépêche écrite en toutes lettres. Qu'on se représente un casier composé de 36 petites cases, dans chacune desquelles sont empilées de petites lames quadrilatères de zinc ou de laiton. Sur chacune de ces lames sont imprimés une lettre de l'alphabet, et au-dessous deux chiffres qui représentent les deux groupes correspondants à cette lettre. Lorsqu'on veut transmettre une dépêche alphabétiquement, on la compose d'abord en rangeant les uns auprès des autres les caractères convenables choisis dans le casier ; puis on la transmet en suivant du doigt la rangée des chiffres qui se trouvent sous les lettres.

Avant de transmettre une dépêche, on doit avertir son correspon-

dant, au moyen de la sonnerie, et attendre qu'il ait répondu qu'il est prêt à recevoir la communication.

Comme les points d'encre, dans l'appareil à écrire, sont tracés au-dessous du tambour, on est obligé de placer un miroir sur le tambour, afin de pouvoir lire les signaux, au moment même où ils sont tracés par la plume.

Le télégraphe électrique de M. Dujardin peut être employé fort utilement pour s'assurer de la régularité de la marche des trains sur les chemins de fer, et en même temps pour appeler du secours en cas d'accident arrivé loin d'une station. Voici comment on peut atteindre ce but.

D'abord, il est nécessaire de remplacer le tournebroche OP et le tambour ABCD de l'appareil à écrire, fig. 6, par une horloge faisant marcher d'un mouvement parfaitement uniforme un long ruban de papier. La modification à apporter à l'appareil fig. 6 est représentée dans la fig. 8.

AB, fig. 8, est une roue de 30 à 40 centimètres de diamètre mise en mouvement dans la direction de la flèche par une horloge. Sur la circonférence de cette roue est enroulé un long ruban de papier blanc, dont une partie est visible en ABCDEFG. Ce ruban de papier se réfléchit deux fois sur les rouleaux C, F, et est attaché au point G de la roue G H. Une corde enroulée sur l'axe I de la roue G H porte un poids K qui sert à enrouler sur G H le papier qui se déroule de A B. L représente la plume du télégraphe.

Cela posé; soient M, R, deux stations d'un chemin de fer, et N O P Q les postes des gardes préposés à la surveillance de la voie entre les deux stations :

M N O P Q R

On place à chacune des stations M, R, une machine magnétique, une sonnerie et un appareil à écrire modifié fig. 8. On place ensuite une machine magnétique dans chacun des postes N, O, P, Q. Les horloges des appareils à écrire sont mises en mouvement aux deux stations M et R. Un train part de la station M; on fait jouer en M la machine magnétique, qui avertit en R que la machine se met en marche en M. En même temps, le jeu de la machine trace des points d'encre sur les deux rouleaux de papier en M et en R. Lorsque le train passe devant le poste N, le garde de ce poste fait jouer sa machine magnétique; il donne ainsi avis aux stations M et R du passage

du train, et trace des points d'encre sur les deux rubans de papier. Lorsque le train passe devant les postes O, P, Q, les gardes de ces postes font aussi jouer leurs machines magnétiques; ils donnent ainsi successivement avis aux stations M et R des passages du train, et tracent des points d'encre sur les deux rubans de papier, etc. En mesurant sur les rubans de papier les intervalles qui séparent les différents groupes de points d'encre, on connaît exactement le temps qui a été employé par le train pour se rendre de M en N, de N en O, de O en P, etc.

Si le convoi est arrêté par un accident, auprès du poste P, par exemple, le garde de ce poste en donne avis au moyen de sa machine aux stations M et R, et réclame du secours si cela est nécessaire.

On voit qu'il suffit, lorsqu'un train est en marche, de jeter les yeux sur les rubans de papier des télégraphes pour connaître la position de ce train sur la voie, ainsi que la vitesse de parcours entre les différents postes des gardes.

Pour qu'un garde de chemin de fer puisse correspondre de son poste avec les stations, comme on vient de l'indiquer, il est indispensable que le fil conducteur de la ligne descende dans sa loge. Là ce fil est brisé, et ses deux bouts sont fixés sur un commutateur. Les deux bouts du fil de cuivre de la machine magnétique du poste sont aussi fixés sur le commutateur, qui a pour fonction d'établir un contact métallique entre les deux bouts du fil de la ligne, soit en introduisant le fil de la machine magnétique du poste dans le circuit de la ligné télégraphique, soit en éliminant ce même fil du circuit de la ligne. Dans le premier cas, le garde peut communiquer avec les stations; dans le second, il ne le peut pas. Le garde doit donc manœuvrer son commutateur avant de faire jouer la machine magnétique. Pour lui épargner la peine de songer à exécuter cette manœuvre on dispose le commutateur de manière que son manche croise à angle droit celui de la machine magnétique, et que le garde soit, par conséquent, obligé de manœuvrer son commutateur avant de pouvoir faire fonctionner sa machine.

Dans son rapport à l'Assemblée législative, M. Le Verrier dit que les appareils de M. Dujardin placés aux extrémités d'un immense circuit double de la distance de Paris à Lille ont parfaitement supporté cette rude épreuve : la vitesse de transmission a toujours été de 82 lettres à la minute.

## MÉCANISME IMPRIMANT DES TÉLÉGRAPHES DE M. SIEMENS.

On peut à chacun de ces télégraphes adapter un appareil à impression, qui imprime en caractères ordinaires. Nous n'avons pas pu nous procurer les dessins de cet appareil, mais la description suivante de M. Siemens les fera assez comprendre.

« Il y a d'abord un aimant temporaire, une armature avec son ressort, un levier d'encliquetage, une roue à rochet, en tout semblables à ce qu'on a vu dans les télégraphes. Quand on fera entrer les bobines de l'aimant dans le circuit télégraphique, soit directement, soit par un mode de transmission analogue à celui qui vient d'être décrit, la roue marchera du même pas que celle des télégraphes. A la place de l'aiguille, l'axe de la roue porte cette fois-ci la roue type de M. Wheatstone, divisée en autant de secteurs faisant ressort qu'il y a de signaux au cadran, chaque secteur portant un poinçon. Dans le mouvement de la roue, la lettre correspondant à celle qu'indique à chaque instant l'aiguille du cadran se trouve précisément au-dessus d'un marteau. Au-dessus de la roue est disposé un rouleau noirci, entre lequel et le poinçon passe la bande de papier à imprimer. Le rouleau est composé d'une multitude de disques de papier enfilés à son axe, semblables à ceux dont se compose une pile sèche de Zamboni : cet assemblage de disques a été comprimé à la presse hydraulique, et la tranche travaillée au tour.

» Il ne s'agit donc plus, à présent, pour imprimer, que de faire en sorte que, chaque fois que l'on abaisse une touche du clavier d'un des télégraphes, le marteau frappe son coup de bas en haut. Or il y a dans l'appareil un second aimant temporaire d'une grande puissance, que nous appellerons l'*aimant à impression*, et dont les bobines sont en relation avec une pile auxiliaire ou locale.

» Le levier d'encliquetage oscille, comme dans le télégraphe, au-dessus d'un levier muni d'une pièce analogue à celle que, dans le télégraphe, nous avons nommée *fourche* ou *navette*. Mais cette pièce se distingue de la fourche en question en ce qu'elle n'a plus qu'un seul bras. Elle est encore susceptible, comme dans le télégraphe, d'un petit mouvement latéral. Dans l'une des positions qui en résultent, le bras seul existant de la fourche appuie contre une pièce d'arrêt conductrice. Dans l'autre sens, le mouvement du levier portant la fourche

est limité par un butoir en pierre. Au reste, les deux positions du levier sont, comme dans le télégraphe, assurées par un cône en pierre frottant à ressort sur un toit en pierre à angle très-ouvert. A l'endroit du levier d'encliquetage qui répond à la fourche, ce levier porte de chaque côté un bouton, l'un isolant, l'autre conducteur. Dans les temps de repos de l'appareil, le bouton conducteur, par l'effet du ressort de rappel de l'aimant temporaire, appuie contre une pièce d'arrêt conductrice; quand l'armature est attirée, au contraire, le levier va frapper de son bouton isolant le bras de la fourche, et lui impose la position dans laquelle ce bras est au contact de la pièce d'arrêt conductrice.

» Tout ce système, bien entendu, n'est plus engagé dans le circuit de l'aimant temporaire qui meut le levier d'encliquetage, et dont les alternatives d'aimantation proviennent du jeu des télégraphes; mais c'est le circuit de l'aimant à impression qu'il s'agit, à l'aide du système en question, de fermer et de rouvrir en temps opportun. Il existe donc, pour ce dernier circuit, deux lieux de contact où il est sujet à être interrompu. Supposons, en effet, le bras de la fourche dans la position où nous l'avons laissé, c'est-à-dire appuyé contre la pièce d'arrêt conductrice et le bouton conducteur du levier, par l'action du ressort également au contact de la pièce d'arrêt correspondante. Alors le courant de la pile auxiliaire chemine ainsi qu'il suit : au sortir des bobines, le courant entre dans le levier qui porte la fourche, passe à l'endroit d'interruption de la fourche dans la pièce d'arrêt conductrice, de là il gagne le levier d'encliquetage, franchit le second endroit d'interruption et s'en retourne ainsi à la pile et aux bobines.

» Pour peu que le levier d'encliquetage s'écarte de la pièce d'arrêt correspondante par l'action de l'aimant temporaire engagé dans le circuit télégraphique, le circuit de l'aimant d'impression sera donc ouvert; et, pour peu que le bras de la fourche s'écarte de son côté de la pièce d'arrêt correspondante, le circuit sera également ouvert. A l'origine et quand l'impression doit commencer, la fourche se trouve dans cette dernière position, le levier d'encliquetage, au contraire, touche sa pièce d'arrêt conductrice; le circuit de l'aimant d'impression est donc ouvert. Le courant télégraphique arrive : aussitôt le levier, par l'attraction de l'armature qui le porte, va chasser le bras de la fourche contre la pièce d'arrêt, et mettre fin ainsi à l'une des interruptions du circuit

d'impression. Le télégraphe, rouvrant le circuit de l'aimant, permet au levier d'obéir à l'action du ressort, le levier retombe contre l'arrêt conducteur, et, cette fois enfin, le circuit de l'aimant à impression est bien fermé. Mais il y a une autre circonstance qui vient encore l'empêcher d'agir. En effet, cette clôture n'est qu'instantanée, parce que, à peine l'armature rappelée, elle est attirée de nouveau par l'effet de la clôture du circuit télégraphique. Or, pour faire entrer en action l'aimant à impression, qui n'est pas, comme les autres électro-aimants de mêmes appareils, composé de tubes concentriques et fendus dans leur longueur, il ne suffit pas d'un courant instantané. Son magnétisme, en ce cas, n'atteint pas l'intensité convenable. Mais qu'on vienne à presser l'une des touches du clavier de l'un des télégraphes, de manière à tenir tant soit peu plus longtemps ouvert le circuit télégraphique que cela n'a lieu dans la marche ordinaire de l'appareil, alors le levier d'encliquetage se reposant un moment contre la pièce d'arrêt conductrice, le circuit de l'aimant à impression reste assez longtemps fermé, le magnétisme a le temps de se développer, et l'armature est attirée. Voici maintenant les diverses fonctions que, dans son mouvement, cette armature est appelée à remplir.

« 1° Le marteau en suspens au-dessous de la lettre à imprimer est, comme on l'a sans doute deviné, fixé au bout d'un levier que porte l'armature de l'aimant à impression. Par l'attraction de cette armature, le marteau frappe donc son coup, et la lettre correspondante à celle qu'indique l'aiguille du télégraphe se trouve empreinte sur le papier.

» 2° Conformément à la distribution des signaux autour du cadran des télégraphes, deux secteurs diamétralement opposés de la roue-type sont restés vides. Quand donc le marteau vient à frapper l'un de ces vides, l'armature peut décrire un angle un peu plus grand que dans le cas des pleins, où le poinçon vient aussitôt rencontrer le rouleau à imprimer. Or, cela a pour effet qu'un autre levier fixé à l'autre extrémité de l'armature peut, dans le cas des vides, atteindre un timbre d'horloge et le faire résonner. Comme entre les mots de la dépêche il est utile de laisser des blancs, on est, à chaque mot, en touchant les blancs du cadran, averti par le son du timbre qu'il y a accord entre les positions de l'aiguille sur le cadran et de la roue-type au-dessus du marteau. Si, par suite d'un accident quelconque, cet accord n'existait plus, il est toujours facile de le rétablir à l'aide d'une dis-

position qui permet de mouvoir la roue en faisant osciller l'armature à circuit ouvert par les pressions successives qu'on exerce sur un bouton.

» 3° Si le circuit de l'aimant à impression restait fermé plus longtemps que cela n'est absolument nécessaire pour que l'armature puisse faire frapper leur coup aux marteaux, il en résulterait plusieurs inconvénients graves. La pression du marteau contre le rouleau serait d'abord continue ; le magnétisme acquerrait dans le fer doux un développement tel, que l'aimant ne lâcherait point l'armature assez vite après la rupture du circuit. Par suite, le marteau pourrait accrocher la roue, et si cet accident n'arrivait pas, l'armature n'aurait certes pas le temps de retomber sous l'action de son ressort dans sa position primitive. Or, on va voir que c'est dans sa chute que l'armature fait avancer du pas nécessaire le rouleau à imprimer, et d'ailleurs si le prochain coup de marteau ne partait que d'un point de la course de l'armature plus ou moins éloigné de l'aimant, il n'y aurait pas assez de forces vives accumulées, et l'on ne pourrait pas imprimer deux lettres avoisinantes du cadran. Enfin, comme immédiatement après la rupture du circuit, il est sujet à être fermé de nouveau à de courts intervalles, quoique pour de petits espaces de temps seulement, il pourrait même se faire que l'armature ne se détachât plus du tout de ses pièces d'arrêt.

» Pour parer à ces inconvénients, il est donc de la plus haute importance que le circuit à impression soit ouvert l'instant après que la lettre a été imprimée. Eh bien, c'est à cela que sert l'appareil à double interruption qui a été décrit plus haut. En effet, à l'instant même où le coup de marteau est frappé, un troisième levier fixé à l'armature vient imprimer à la fourche le mouvement latéral convenable pour l'écarter de sa pièce d'arrêt conductrice, contre laquelle elle avait été chassée par la première excursion du levier d'encliquetage. Le circuit à impression est alors ouvert, l'armature de l'aimant à impression a tout le temps de retomber, et quand on abandonne le télégraphe à lui-même en ôtant le doigt de dessus la touche, la première excursion du levier d'encliquetage commence par rétablir le contact entre le bras de la fourche et la pièce d'arrêt conductrice.

» 4° Enfin, ainsi qu'il vient d'être indiqué, l'armature de l'aimant à impression remplit encore un dernier office indispensable. Cet office consiste à faire tourner le rouleau à imprimer d'un angle correspon-

dant, sur sa circonférence, à la largeur d'une lettre de la roue-type. Mais on conçoit que ce simple déplacement du rouleau ne suffit pas. En effet, il en résulte que, dans chaque nouveau tour du rouleau qui répond à cent lettres, y compris les blancs, les lettres viendraient s'imprimer exactement aux mêmes endroits, en sorte que non-seulement la couche de noir serait bientôt épuisée, mais qu'encore le rouleau s'userait de la manière la plus inégale possible. Pour que cela n'ait point lieu, il y a d'abord un arrangement tel que le rouleau soit déplacé d'une petite fraction de sa longueur à chaque pas de la roue à rochet; après cinq tours il se trouve déplacé à peu près de la hauteur d'une lettre. Mais, de cette manière, on comprend que l'impression s'opérerait toujours sur des bandes de la surface du rouleau parallèles à son axe, en sorte qu'il resterait, entre ces bandes d'usage permanent, des bandes plus étroites à la vérité, qui ne seraient jamais usées. On a donc encore pris la précaution d'imprimer au rouleau un petit mouvement de rotation en avant, qui devient cause que les empreintes du marteau dans chaque nouveau tour du rouleau ne répondent plus exactement aux empreintes faites dans le tour précédent, mais empiètent continuellement sur elles comme les traits d'un vernier sur ceux de la division. »

Ajoutons ici une note extrêmement importante de M. Siemens, complément indispensable de la description de ses appareils. — « Tous les constructeurs d'appareils électro-magnétiques ne savent que trop combien les lieux d'interruption du circuit où l'étincelle éclate sont sujets à se détériorer rapidement par l'action de courants tant soit peu intenses, lors même qu'on fait usage du platine. Pendant longtemps aussi cette circonstance a semblé apporter un obstacle insurmontable à la marche régulière et prolongée de mes appareils, jusqu'à ce que je trouvai qu'en remplaçant le platine par un alliage de ce métal et de l'or, on obtenait des revêtements des lieux d'interruption presque inaltérables par des courants de l'intensité de ceux que j'emploie. En effet, cet alliage possède une cohésion et une dureté bien plus grandes que celles du platine, et ne participe presque en rien à la propriété de ce métal d'être réduit en poudre et transporté au pôle négatif par l'action des courants. »

## TÉLÉGRAPHE IMPRIMANT DE M. BRETT.

Le télégraphe de M. Brett comprend deux mécanismes essentiels : le transmetteur ou compositeur, le récepteur ou imprimeur.

*Compositeur.* — C'est un clavier avec 28 touches et quelquefois 30 ou 40, représenté planche XVII, fig. 1 et 2. Au-dessus des touches règne un axe AA′ appelé *axe des touches*, portant à son extrémité une roue R appelée *roue du circuit.* Cette roue reçoit son mouvement d'un poids P fig. 2 attaché au cordon C qui s'enroule autour du tambour B, armé d'une roue dentée $R_1$ engrenant avec un pignon $p_1$ placé sur le même axe que la roue $R_2$ : la roue $R_2$ engrène à son tour avec le pignon $p_2$, le pignon $p_2$ est monté sur le même axe que la roue $R_3$ et l'entraîne dans son mouvement; cette roue à son tour engrène avec un pignon $p_4$ fixé à l'axe vertical *A* qui tourne avec le volant V. L'axe des touches AA′, lié à la roue $R_3$ par un système de deux roues de transmission du mouvement $R_4$, $R_5$, à angle droit, tourne lui-même sous l'action du poids P. On implante sur l'axe des touches 28, 30 ou 40 pointes métalliques analogues aux chevilles d'une serinette ou d'un orgue de Barbarie, hautes d'environ six millimètres, qui dessinent une hélice sur la surface de l'axe et qui correspondent aux lettres de l'alphabet, aux chiffres et autres signaux télégraphiques. Ce même axe des touches porte donc à son autre extrémité la roue dite du circuit R, armée de 14, 15 ou 20 dents, et qui a pour fonction d'ouvrir et de fermer alternativement le circuit galvanique, d'interrompre, par conséquent, et d'établir le courant. L'un des fils $f_1$ communique, à travers l'appareil imprimeur, avec le fil conducteur de la ligne, l'autre $f_2$ avec l'un des pôles de la pile. Deux ressorts $r_1$, $r_2$ en contact métallique, ainsi que les fils $f_1$, $f_2$ avec les deux vis de pression $v_1$, $v_2$, appuient le premier sur les dents de la roue R, le second sur le tambour de cette même roue. Le volant V a pour objet de régulariser le mouvement du système entier du compositeur et de l'emmagasiner, afin que l'axe, après avoir été arrêté par l'abaissement d'une des tiges placées sous les touches, continue sa révolution aussitôt que le doigt cessera de presser la touche. Les dents correspondent exactement aux tiges implantées dans l'axe, de telle sorte que, quand la tige de la touche arrête l'axe en s'appuyant contre la cheville de l'axe, le ressort $r_1$ touchant le sommet d'une des dents, le circuit soit fermé.

*Imprimeur.* — Il est représenté fig. 3, et porté sur un support S. E, $E_1$ sont les deux électro-aimants, $A_1$ $A_1$, leurs armatures, $E_1$ $E_1$ les extrémités du fil qui les entoure, fixées à deux vis de pression implantées sur la base. L'une de ces vis reçoit le fil venant du compositeur, et l'autre le fil conducteur de la ligne. Les armatures tournent à charnière autour du pôle nord des électro-aimants auxquels elles sont fixées, et sont unies par une barre rectangulaire BB qui porte en son milieu une tige ou bras de levier TT, que les armatures tirent quand elles sont attirées par les électro-aimants : un ressort *r* porté par l'un des bras du levier $L L_1$, tend à élever la tige et à détacher les armatures quand le courant ne passe pas. Les deux bras du levier $L L_1$ forment aussi une ancre d'échappement à angle droit, laissant passer et arrêtant tour à tour la roue R, de 7 centimètres et demi de diamètre, de deux millimètres environ d'épaisseur, et armée de 28, 30 ou 40 dents. Chacune de ces dents porte le poinçon en relief d'une lettre ou d'un point, une seule reste en blanc et doit former les espaces; ces lettres, le point et cet espace vide correspondent aux lettres, etc., du cylindre du compositeur : cette roue R s'appelle *roue des types*, son limbe antérieur porte 14 petites pointes métalliques, longues d'environ 3 millimètres; c'est sur ces pointes qu'agissent les bras prolongés de l'échappement. Quand un des bras saisit une pointe, l'autre en lâche une autre, et cet effet se reproduit à chaque oscillation des armatures. Un poids attaché au cordon C tend à faire tourner constamment la roue des types. Supposons donc le circuit fermé et que l'axe des touches, ainsi que la roue des types, tendent à tourner incessamment sous l'action du poids qui les sollicite; les ruptures et les fermetures alternatives du circuit, produites par les clefs, feront osciller les armatures, et les oscillations de l'armature, combattues par l'action du ressort $r_1$, imprimeront à la tige T un mouvement de va-et-vient qui se changera en un mouvement oscillatoire de l'ancre d'échappement, et en un mouvement de révolution périodique de la roue des types : celle-ci fera ordinairement 160 révolutions par minute, et elle s'arrêtera dès que la rotation de l'axe des clefs sera empêchée par la pression du doigt sur une des touches. Voyons maintenant comment les lettres s'impriment : B est le cylindre sur lequel s'enroule la bande de papier, tournant autour d'un axe *aa* porté sur deux supports $s, s_1$; deux balanciers ou manivelles $b$, $b_1$ aboutissant à deux excentriques placés sur l'axe *aa* perpendiculaires au plan du tableau, tournent avec

cet axe. Par le jeu de ces excentriques, fig. 4, le mouvement de rotation de l'axe *aa* devient pour les manivelles un mouvement de va-et-vient qui rapproche et éloigne le cylindre au papier de la roue des types, l'amène tour à tour en contact avec cette roue et l'en sépare. Il fallait encore que le cylindre au papier tournât sur lui-même pour présenter à chaque rapprochement un nouveau blanc à la roue des types : cette rotation s'effectue par l'ancre d'échappement renversé $e_1\, e_2$; la branche $e_1$ est liée au châssis par une pointe $p$ autour de laquelle elle tourne comme autour d'un axe; la branche $e_2$ est fixée à la tige $\ell_1$, liée elle-même à l'axe $a$ du cylindre au papier, et se déplace, par conséquent, avec ce cylindre; deux ressorts $r_1$, $r_2$ appuient les deux branches de l'ancre contre les dents d'une roue attachée au cylindre du papier. Quand ce cylindre recule ou s'éloigne de la roue des types, l'extrémité $e_1$, appuyant contre la dent la plus voisine, fait tourner le cylindre; et l'extrémité $e_2$, faisant fonction d'arrêt, empêche le cylindre de revenir sur lui-même : comme l'axe autour duquel s'exécute ce mouvement de rotation du cylindre est une vis, fig. 4, s'engageant dans un écrou placé sur le support, le cylindre se déplace aussi dans le sens de son axe, de sorte que les lettres imprimées formeront sur sa surface une hélice continue, ce qui empêchera que jamais deux lettres se superposent ou s'effacent l'une l'autre.

La substance la plus convenable pour une bonne impression est la plombagine réduite en poudre. On la place dans une rainure ou gorge creusée sur la circonférence du rouleau r, et on la recouvre d'une étoffe de laine; il sort assez de poudre à travers les pores de l'étoffe pour encrer suffisamment les lettres.

Nous n'avons pas encore indiqué comment l'on fait tourner l'axe *aa* avec ses excentriques. Il reçoit sa rotation d'un mouvement d'horlogerie mu par le poids $P_2$; il tournerait incessamment tant que rien ne l'arrêterait, et chacune de ses révolutions rapprocherait et éloignerait tour à tour le cylindre au papier de la roue des types; mais il importe qu'il ne tourne que lorsqu'il s'agit d'imprimer, quand le type de la lettre qu'on veut fixer sur le papier est en contact avec le cylindre. Voici comment ce résultat s'obtient : $L_1\, L_2$ est un nouveau levier fixé par son extrémité la plus forte $L_2$ sur un axe porté par le châssis de l'appareil, et autour duquel il tourne; l'autre extrémité recourbée $L_1$ appuie contre le limbe postérieur de la roue des types, limbe armé de 28 pointes semblables à celles du limbe antérieur, et corres-

pondant aux vingt-huit lettres ou signes de la circonférence ; l'extrémité recourbée du bras du levier $L_1$ s'engage entre les pointes et repose sur elles, s'élève avec la pointe qui la porte, la quitte, retombe sur la pointe suivante, etc., etc. Une tige métallique $t_2$, fixée près de l'extrémité $L_2$ du levier, communique avec un appareil hydraulique appelé *gouverneur* et dont nous décrirons bientôt le mécanisme : il a pour fonction de régulariser les mouvements du levier $L_1 L_2$, de telle sorte qu'il s'élève rapidement et descende lentement, avec une vitesse graduée. Le bras de levier $L_1 L_2$ porte enfin une pointe ou tige horizontale $p_1$, qui glisse sur l'excentrique E, placé sur l'axe $a$, et tournant avec cet axe. La portion de la circonférence de l'excentrique E, la plus éloignée de l'axe, est plus épaisse et porte deux entailles séparées l'une de l'autre d'environ six millimètres, qui saisissent l'une après l'autre la pointe $p_1$, de manière que l'excentrique s'arrête dans sa rotation. Admettons que la pointe $p_1$ pose sur la portion de l'excentrique la plus voisine de l'axe, l'excentrique qui lui présente tour à tour les divers points de sa surface lui amène la première entaille ou saut de loup dans lequel elle tombe en arrêtant le mouvement de l'excentrique ; elle ne pourra sortir et ne permettra à l'excentrique de tourner qu'autant qu'elle aura été soulevée avec le levier $LL_1$ par une des pointes de la roue des types. Après ce soulèvement l'excentrique a tourné de nouveau, et amenant à la pointe le second arrêt, le mouvement s'arrête une seconde fois, et il ne pourra recommencer qu'autant que la pointe se dégagera de l'arrêt en tombant, au moment où l'extrémité $L_1$ du bras du levier quittera celle des pointes de la roue des types qui l'avait soulevée ; la pointe $p_1$ se retrouvera alors sur la partie de l'excentrique la plus voisine de l'axe. On voit que par ce moyen l'axe $a$ est forcé de tourner quand la roue à types est arrêtée, et d'amener alors par le moyen des manivelles le papier au contact de la lettre ou signal, recouvert de plombagine, ce qui imprime cette lettre ou le signal sur le papier.

Le régulateur hydraulique ou gouverneur est formé 1° d'un vase V de verre, fig. 5, rempli d'eau ou d'un autre liquide ; 2° d'un vase V′ intérieur percé de trous à travers lesquels le liquide peut passer, et se terminant par un rebord sur lequel se visse la partie supérieure de l'appareil. S est une soupape à fuseau en métal, se soulevant de dedans en dehors ; $p$ est un piston creux soulevé et abaissé par la tige $tt$, fonctionnant dans la chambre $cc'$ de la soupape, et laissant seulement tout

à l'entour un petit espace circulaire vide, à travers lequel l'eau puisse s'écouler. Quand le piston est soulevé par le levier $L_1 L_2$, auquel est attachée la tige $t$, le vide se fait dans la chambre $cc'$, et l'eau vient subitement la remplir : quand, au contraire, le piston descend, l'eau, ne pouvant s'échapper que difficilement de la chambre $dd$, s'oppose à la marche, qui devient par conséquent très-lente, comme cela est exigé pour que le télégraphe fonctionne parfaitement.

Tout étant disposé comme nous venons de le dire, et les communications électriques étant établies, si l'employé de la station de départ presse une touche du doigt, la touche A, par exemple, la roue des types s'arrêtera quand cette même lettre A sera arrivée en face du papier ; alors le levier $LL_1$ tournera, amènera le cylindre au contact de la roue, pressera la lettre contre le papier qui recevra l'impression de cette lettre ; en s'éloignant, le cylindre tournera sur lui-même et présentera, quand il sera ramené par le mouvement de l'axe et des manivelles, un nouvel espace blanc à la nouvelle lettre qu'il s'agira d'imprimer.

Chez M. Brett le mécanisme de la sonnerie est très-simple. M, fig. 1, est un timbre, N est le battant porté par une tige ou ressort, fixé au châssis par un axe autour duquel il peut tourner, et dont la partie inférieure, petit bras de levier, pose sur une cheville longue de 5 millimètres : quand l'excentrique tourne, la cheville soulève le petit bras de levier du ressort et fait descendre le battant, qui frappe un coup sur le timbre.

Nous n'avons rien dit encore de la seconde portion 3 *bis* de la figure 3 : elle représente une autre disposition, une autre manière d'employer l'action galvanique. La tige ou bras de levier T est maintenant horizontale ; elle se lie, d'une part, à l'un des bras de l'échappement au moyen d'une cheville sur laquelle elle travaille, de l'autre à un excentrique placé sur l'axe horizontal $b_1$, représenté avec l'excentrique, fig. 6. Ce même axe $b$ porte une sorte de levier $c'$, mieux figuré fig. 7 et 8, et armé de pointes $g$ et $g'$, destinées à arrêter les parties recourbées $c'$, $d'$. B, B... sont des bobines creuses qui attirent, lorsque le courant les traverse, les petits aimants verticaux $a$, $a$... liés à l'armature $AA$. $B_1$, $B_1$ sont un autre système semblable, $a_1$, $a_1$ sont les nouveaux aimants, $A_1 A_1$ la nouvelle armature. $E_1$, $E_2$ sont les extrémités du fil du premier système, $E'_1$, $E'_2$ les extrémités du fil du second. Quand le premier circuit est fermé, l'armature $AA$ est attirée, l'extrémité $E_2$ est alors en contact avec $E'_1$, et le second circuit

se ferme à son tour; les deux circuits sont aussi ouverts en même temps. Rien n'empêcherait, au reste, de mettre le second système d'électro-aimant en rapport avec une pile ou une machine électro-magnétique locale; ce second système n'est en réalité qu'un relais. Le levier $e'$ descend et monte avec l'armature, suivant que le courant est fermé ou ouvert. L'axe $b$, dans sa rotation excentrique, éloigne et rapproche les pointes $g$ et $g'$, qui sont tour à tour en contact, l'une avec la pointe $c'$, l'autre avec la pointe $d'$. Si l'armature est attirée, la pointe $g'$ s'abaisse et quitte $d'$; l'axe et l'excentrique font une demi-révolution et la tige T est entraînée vers la gauche; mais en même temps la pointe $g$ monte, s'appuie contre $c'$, et le mouvement est arrêté : il recommencera si l'armature en se relevant abaisse la pointe $g$ et la dégage de l'arrêt $c'$; l'axe et l'excentrique feront un nouveau demi-tour, la tige T sera reportée en avant. C'est le poids P qui, par l'intermédiaire du système de roues dentées représentées sur le dessin, met en mouvement l'axe et l'excentrique. L'armature est relevée, quand le courant cesse, par le ressort placé en K. Le mouvement alternatif de la tige T agit d'ailleurs sur le levier $L_1 L_2$, absolument de la même manière que dans le cas où cette tige était verticale.

M. Brett a récemment perfectionné son appareil, il a rendu la correspondance beaucoup plus sûre, en faisant en sorte, par une combinaison de roues, appelées par lui roues d'arrêt, que la roue des types et l'aiguille qui l'accompagne reviennent à zéro ou au point de départ après chaque impression d'une letire.

Le nouveau compositeur est représenté fig. 9 et 10. A est l'axe des clefs ou goupilles, en communication avec les claviers et la roue du circuit N. I est une roue de frottement ou cylindre mobile, liée au bras de levier J. L'axe de ce levier a son centre de rotation sur l'axe de la roue dentée H et du pignon P; la roue H transmet son mouvement à la roue F, d'un même nombre de dents, de telle sorte que quand la partie *pqrs* du châssis, fig. 9, est déprimée par la pression d'une des touches, la tringle T dégage la roue de frottement K, en même temps la roue dentée H fait mouvoir la roue F; les deux roues de frottement K et I tournent entraînant l'axe des clefs A avec la roue du circuit N et la roue d'attrape O : le pignon G conduit un volant *ii*, qui régularise la vitesse du mécanisme : un poids P, attaché à une corde qui s'enroule sur le cylindre B, communique le mouvement aux roues E, F, au pignon G, et à la roue C avec la roue d'at-

trape D. Un autre poids *p*, attaché à une corde qui s'enroule sur la poulie L, ramène l'axe *A* porté par les tourillons $t\,t_1$ à sa position première quand il a tourné, dès que les roues de frottement sont dégagées. Le nombre des dents de la roue de circuit N est égal à la moitié du nombre des lettres ou signaux, elle tourne sur le même axe creux que la roue d'arrêt O; une saillie implantée sur la roue du circuit agit sur une seconde roue d'arrêt M, cette seconde roue M a son centre sur l'axe des clefs A. Quand cet axe tourne avec les roues de frottement I, K, il entraîne la roue N; mais quand les roues de frottement sont dégagées et que l'axe A revient sur lui-même, entraînant la roue de frottement M, la roue du circuit N est arrêtée avec la roue O par le cliquet S, de sorte que cette roue du circuit tourne dans un seul sens, malgré le mouvement de va-et-vient de l'axe A. Si donc on abaisse une des touches, et avec elle les barres *p*, *q*, par l'intermédiaire des bras de levier *s*, *s*, ces barres, en s'abaissant, soulèvent la partie supérieure du châssis et l'axe T tourne; une tringle, attachée à l'une des extrémités de T, soulève le levier J et avec elle H et I; la roue de frottement K devient libre, l'axe A tourne jusqu'à ce qu'il soit arrêté par la cheville du cylindre des clefs correspondant à la touche abaissée. Si l'on cesse de presser, la partie inférieure du châssis se relève, la cheville cesse d'arrêter le cylindre des clefs, l'action du poids *p* se fait sentir, ce cylindre revient à sa position primitive; mais le cliquet V agissant, la roue d'arrêt O maintient la roue des types N dans la position à laquelle elle est arrivée; elle fera un nouveau pas en avant si l'on abaisse une autre clef.

Les fig. 11 et 12 représentent le compositeur ou communicateur définitivement adopté par M. Brett. L'axe A porte une roue à circuit C, fig. 12, tournant librement sur cet axe, et dont le nombre de dents est égal à la moitié des lettres ou signaux du télégraphe; deux roues d'attrape ou d'arrêt B et D tournent sur le même axe, le nombre de leurs dents est double de celui de la roue à circuit; elles ne forment qu'une seule pièce, et la roue B est fixée à la roue de circuit. Un cliquet *e* pressé par un ressort R s'engage dans les dents de la roue B, l'empêche de revenir sur ses pas, et ne lui permet de tourner que dans une seule direction. L'axe A porte encore un bras de levier ou manivelle G, H, I, fig. 11, avec un indicateur K qui montre sur le cadran L la lettre qu'on veut transmettre ou imprimer. Un cliquet *f* appuyé aussi par un ressort engrène avec la roue d'arrêt D, et sert à

la faire tourner vers la droite, en même temps que la manivelle, avec la roue d'arrêt C et la roue de circuit D; mais quand la manivelle est entraînée à gauche pour amener l'index K sur une lettre, le cliquet glisse sur les dents de la roue D qui reste en repos; alors le cliquet *e*, fig. 12, empêche la roue B et la roue de circuit de tourner. Deux bandes ou ressorts en cuivre M, N pressent, l'une sur le bord extérieur de la roue de circuit, l'autre sur les dents de la circonférence de cette même roue, et communiquent par deux vis de pression avec les deux pôles de la pile, ou avec les fils conducteurs du circuit. Le rouleau I, fixé à l'extrémité de la manivelle H, sert à la mieux guider et maintenir dans son mouvement de rotation; une goupille d'arrêt J, la rend fixe quand l'indicateur K est arrivé sur la lettre voulue. Voici le jeu de l'appareil : en tournant la manivelle à gauche on amène l'indicateur K sur la lettre à imprimer à distance; puis, ramenant la manivelle à droite, pour revenir au point fixe de départ, on fait tourner la roue de circuit qui établit et interrompt le circuit autant de fois qu'il est nécessaire pour que la roue aux types présente au papier la lettre marquée par l'indicateur.

La fig. 13 représente la nouvelle forme que M. Brett a donnée à son télégraphe imprimant : les poids sont remplacés par des ressorts; deux systèmes de rouages ordinaires font tourner la roue des types, et communiquent le mouvement au papier.

La roue des types R est mue par le pignon A et l'arbre I, et sa rotation est régularisée par l'échappement électrique représenté fig. 14. Le pignon A communique avec une roue dentée B, armée d'un second pignon C placé sur le même arbre que la roue d'échappement D. Cette roue d'échappement est arrêtée et rendue libre tour à tour par une ancre d'échappement *a*, dont l'axe porte un aimant permanent *p* servant d'armature à l'électro-aimant *a' a'*. Suivant que le courant électrique traverse, dans un sens ou dans l'autre, le fil de l'électro-aimant, l'armature est attirée ou repoussée; ce mouvement alternatif se transmet d'abord à l'ancre, puis à la roue d'échappement, à l'arbre du pignon A, et enfin à la roue des types, qui marche ainsi, pas à pas, d'un mouvement tout à fait régulier.

La roue des types R est fixée sur un axe creux *A* : cet axe porte, d'un côté, une petite roue dentée appliquée contre la face de la roue des types; de l'autre, une poulie fixe L, sur laquelle s'enroule une corde portant un poids dont l'action ramène constamment au point de

départ ou à zéro la roue des types. Une nouvelle roue dentée *R* est fixée à cette poulie ; et un disque circulaire en métal D, fixé à l'arbre I, porte un cliquet qui s'engage entre les dents de la roue dentée *R* et l'empêche de revenir sur elle-même. Une roue dentée, de plus grand diamètre, est encore fixée sur le même axe I, de telle sorte qu'elle puisse tourner pendant un certain temps et revenir sur ses pas pour abaisser le prolongement du disque D portant une pointe qui s'engage dans une petite ouverture pratiquée sur la circonférence de la roue dentée *r*, très-près du bord. Cette roue dentée est mise en mouvement par l'action de l'extrémité d'un levier agissant par l'intermédiaire d'un excentrique, ainsi que nous l'avons expliqué dans la description du premier appareil.

Cela posé, si une des lettres ou un des caractères de la roue type a été amené devant le papier, un levier semblable à $LL_1$ fig. 3 s'engage dans l'ouverture pratiquée dans la roue d'arrêt adhérente à la roue des types, la fait tourner et avec elle l'excentrique décrit ailleurs, qui entraîne l'ensemble des roues du train imprimeur ; ce train à son tour, dans son évolution, presse un piston contre le papier, et la lettre s'imprime.

Pendant qu'après l'impression le papier s'avance assez pour faire place à l'impression de la lettre suivante, un autre levier presse de nouveau sur les dents de la roue *r*, et lui imprime un mouvement de rotation suffisant pour dégager le cliquet du disque D. La roue des types devenue libre revient à zéro, et reprend sa position première sur l'arbre I ; et l'on peut procéder à l'impression d'une nouvelle lettre.

L'arbre du levier $LL_1$ a son second bras lié par le moyen d'une tige avec un piston hydraulique et pneumatique, semblable à celui que nous avons figuré, et qui sert à rendre parfaitement régulière et nette l'impression des caractères.

M. Brett appelle l'attention sur la disposition donnée par lui aux lettres sur le disque de la roue des types, cette disposition étant tout à fait nécessaire pour abréger le travail de la transmission des dépêches. En effet la lettre E, par exemple, dans la langue anglaise et plus encore dans la langue allemande, se présente trois mille fois pendant que la lettre Z apparaît une seule fois.

### TÉLÉGRAPHE ÉLECTRO-CHIMIQUE ÉCRIVANT DE M. BAIN.

Il est représenté fig. 1, 2, 3, pl. XVIII. Fig. 1 est une coupe de face, fig. 2 une coupe verticale, fig. 3 une coupe horizontale. Les mêmes

lettres représentent les mêmes objets dans les trois dessins. ABCD est un châssis avec mouvement d'horlogerie, mu par un poids. E, fig. 3, est un arbre de rotation, soutenu à l'un de ses bouts par un tasseau fixé au châssis AB, à l'autre bout par un tasseau F, porté par le pupitre ou table G. L'arbre E porte un petit rouleau *f*, qui se visse sur lui, et peut être fixé à l'un quelconque de ses points par une vis de pression. H est un disque plat en métal, porté par un axe *h*, muni d'une vis *g* à l'aide de laquelle on l'élève ou on l'abaisse. Le rouleau *f* est garni à sa partie inférieure de caoutchouc ou de toute autre substance propre à le faire adhérer au disque qu'il doit entraîner dans la rotation de l'arbre E, avec une vitesse plus ou moins grande, suivant que le rouleau sera fixé plus près du centre. Une colonne I s'élève sur un angle du pupitre ou table G, et porte l'appareil écrivant. Il se compose, fig. 1 et 3, d'une barre K, fixée à l'axe *k* mobile entre deux vis à pointe $v_1$, $v_2$, et qui se recourbe pour porter une autre vis à pointe $v'_1$ placée en face de la pointe $v'_2$, implantée sur l'axe *k*; les deux pointes $v'_1$, $v'_2$ sont deux pivots sur lesquels tourne la longue vis J. *j* est un second rouleau vissé sur la vis J et qui tourne avec elle. L est un train glissant librement sur la barre K; *m* est un porte-stylet, fixé au train par une charnière mobile *m'*; le stylet, serré dans le porte-stylet par une vis de pression, appuie sa pointe sur le disque H : *n*, enfin, est un levier qui appuie ou n'appuie pas sur le porte-stylet, et qui sert à régler la pression de la pointe sur le disque. Une tige fixée au-dessous du train L se termine par une dent carrée ou crochet, qui s'engage dans les filets de la vis J : quand le disque H tourne, entraîné par le premier rouleau *f*, il entraîne le second rouleau *j* et la vis J; la dent liée au train qui s'engage dans les filets de la vis fait dès lors avancer ou reculer le train le long de la vis; la pointe du stylet, par conséquent, décrit une ligne spirale qui va sans cesse en s'élargissant, et les signes tracés par elle ne se superposent point.

Le balancier tournant P sert à régler la vitesse du disque et du stylet; il est uni par une liaison flexible, c'est-à-dire par une corde à boyau recouverte de fil métallique, comme la grosse corde des violons, à l'extrémité inférieure de la vis *p*, qui s'élève ou s'abaisse de manière à raccourcir ou à allonger à volonté la tige du balancier; le prolongement de cette tige s'engage dans l'entaille pratiquée dans le volant OO; ce volant est placé à l'extrémité d'un axe en communication avec les roues du châssis; un levier-ressort R est fixé à la partie inférieure du

volant; si la vitesse est trop grande et que le balancier tende à atteindre les limites extérieures de l'échancrure, il appuie contre l'extrémité *r* du levier, et fait par là même presser l'extrémité *s* contre l'axe, ce qui ralentit le mouvement. La vitesse est mieux réglée encore par l'échappement suivant, fig. 1 et 3. L'axe d'une des roues de grande vitesse sort du châssis, et porte un bras de levier *S*, avec un ressort mince en acier *S'*; le ressort se lie par un fil court avec un axe libre; une roue *t* tourne sur cet axe; deux palettes mobiles s'engagent alternativement entre les dents de cette roue et sont ainsi mises en rapport, par une double ancre *vv*, avec un balancier $P_2$; les oscillations de ce balancier, convenablement réglé, suppléent aux inégalités du balancier tournant P, et rendent parfaitement uniforme le mouvement du disque.

Voici le jeu de l'appareil entier. Le poids attaché à la corde qui s'enroule sur le tambour $A_2$ fait tourner la roue $A_3$, qui engrène avec le pignon *a'* fixé sur l'axe de la roue $B_2$; la roue $B_2$ communique son mouvement à la roue D par l'intermédiaire du pignon *d'*; le pignon *b'* engrène avec la roue D et fait tourner la roue de renvoi verticale *f''*, laquelle à son tour fait tourner la roue $f_2$, et l'axe vertical fixé à cette roue. C'est à cet axe qu'est fixé le volant *oo'*, fig. 2, dans l'échancrure duquel s'engage le balancier circulaire P, fig. 4 et 5. Le tambour $A_2$ est remonté à l'aide du levier L, auquel est fixée une roue dentée avec cliquet, faisant fonction de treuil. M. Bain, par l'heureux emploi d'un ressort en caoutchouc, a obtenu que l'appareil tournât, même alors qu'en abaissant le levier L on supprimerait l'action du poids.

On voit, fig. 4 et 5, un rouleau I mu par une manivelle C, et sur lequel s'enroule la bande de papier percée des ouvertures qui représentent les lettres et forment la dépêche écrite télégraphiquement; une barre $i_2$, fixée à la vis $i_3$, maintient le papier quand il est nécessaire contre le tambour ou rouleau I. K est un second rouleau mu par la roue D, par l'intermédiaire du pignon *k*; ce second rouleau est en métal et communique métalliquement avec l'appareil. M, enfin, est un rouleau en bois, fixé par son axe à une tige ressort *Mm*; à l'aide ce ressort et d'une goupille en ivoire *m'*, que l'on place à volonté dans l'un des trous *n*, *n'* percés dans le châssis, on fait appuyer plus ou moins le rouleau M contre le rouleau K. A cette même tige ressort *m* est fixé un porte-fil ou porte-stylet, d'où partent deux ou trois pointes qui glissent à frottement sur le rouleau K et rompent ou établissent le circuit, suivant qu'en

contact avec un espace vide ou un espace plein, elles touchent ou ne touchent pas le métal. La bande de papier perforée, et sur laquelle est écrite la dépêche, passe donc du tambour I ou collier de transmission sur le rouleau K, sur lequel presse le cylindre M et s'appuient les pointes O. Les pointes sont en communication avec l'un des pôles de la pile; le fil conducteur de la ligne en contact avec le cylindre K se rattache, par son autre extrémité, avec le disque récepteur en métal H. Le disque est recouvert d'une surface circulaire de papier, préparée de la manière suivante.

On prend une solution saturée de prussiate de potasse dans de l'eau distillée et on y verse de l'acide nitrique, jusqu'à ce que la couleur devienne vert-foncé, puis de l'acide chlorhydrique, jusqu'à ce que la solution devienne blanche comme du lait; il faut avoir soin d'agiter sans cesse pendant qu'on verse l'acide : il ne reste plus qu'à mouiller le disque de papier avec ce mélange et à le placer encore humide sur le disque en métal H; toutes les fois que ce papier sera touché par une pointe électrique ou que le courant traverse, la portion en contact avec la pointe se colorera en bleu.

La fig. 6 représente un télégraphe imprimant d'une construction plus simple, mais aussi opérant avec une vitesse incomparablement moindre. Le poids est remplacé par un ressort que l'on tend au moyen d'une clef. Le mécanisme imprimant est d'ailleurs tout à fait analogue à celui des grands appareils, et fonctionne de la même manière. Le transmetteur, ou communicateur mécanique, est remplacé par un petit organe K, que M. Bain appelle la clef. V est un ressort en cuivre, attaché à la plaque X et se prolongeant jusqu'au-dessus de la plaque W, avec laquelle il arrive au contact quand le doigt presse la touche qui le termine, le courant circule alors, et la pointe écrivante colore le papier préparé. Cette empreinte sera un point ou une ligne, suivant que la pression sur la touche aura été instantanée ou prolongée pendant un temps plus ou moins long.

M. Bain a imaginé plusieurs moyens de régler dans son grand appareil la vitesse du mécanisme. L'un de ces moyens est représenté fig. 7. M, M sont deux barreaux aimantés, placés dans l'intérieur de deux bobines. L'échancrure du volant dans laquelle s'engage l'extrémité du balancier tournant P est couverte de soie ou revêtue d'ivoire jusqu'à une petite distance de l'extrémité, de telle sorte que le courant ne puisse pas se transmettre à ce balancier, à moins qu'il ne soit

arrivé au bout de sa course. Le courant de la pile traverse les fils des bobines et entraîne les aimants; ces aimants, à leur tour, font tourner un peu le balancier; mais si la vitesse de ce balancier est trop grande, et qu'il parvienne à l'extrémité de sa course, il arrive en contact métallique avec l'échancrure, il donne ainsi naissance à un circuit plus court que celui du fil des bobines; le courant rencontrant ce circuit plus court ne passe plus ou passe en quantité insensible à travers les bobines, les barreaux aimantés reviennent à leur position d'équilibre, et le balancier à la position qui convient à la vitesse normale du mécanisme. Au balancier tournant on peut substituer le régulateur centrifuge à deux boules des machines à vapeur, disposé comme le montre la fig. 8. C′ est un vase contenant du mercure, et dans lequel plonge l'extrémité du levier L; ce levier porte à son autre extrémité un contre-poids W qui tend à l'abaisser, ou à faire sortir l'extrémité L de C′. Si la vitesse n'est pas trop grande, cette extrémité plonge réellement dans le mercure, le courant traverse les bobines, dévie les barreaux aimantés, et l'écart des deux boules est un écart normal; mais si la vitesse est trop grande, le contre-poids W l'emporte, l'extrémité C sort du mercure, le courant traverse directement l'axe du balancier et ne passe plus par les fils des bobines, les barreaux aimantés reviennent à leur position d'équilibre et les boules redescendent en ralentissant la vitesse du mécanisme.

La fig. 9, enfin, représente un autre régulateur de l'intensité du courant, analogue au gouverneur de M. Brett. AA est un cylindre de verre avec fond métallique C; B est l'eau qu'on y a versée; D est un couvercle en métal, traversé par une vis E portant un cône solide F, HH une pièce creuse en métal, vissée au-dessus du couvercle D; ce couvercle, d'ailleurs, est percé d'un trou pour donner issue au gaz provenant de la décomposition de l'eau. Les fils conducteurs se rattachent aux deux vis de pression CC. Si la roue ne plonge pas dans l'eau, le courant ne traverse pas le régulateur, et la pointe écrivante a son maximum de vitesse; mais, si le cône plonge plus ou moins dans l'eau, le courant est affaibli par son passage à travers le régulateur et la vitesse se ralentit.

Le commutateur de M. Bain est tout à fait semblable à celui de son télégraphe à aiguille. Il se compose essentiellement de cinq morceaux de cuivre A, B, C, D, E, insérés dans une plaque isolante en bois de buis GG. C et E sont liés par un fil métallique; D est uni au

châssis du télégraphe; B communique avec la terre; A au pôle cuivre de la pile. Au centre du commutateur une manivelle ou bras de levier tournant autour d'un centre est soudée à un ressort qui se prolonge à droite ou à gauche. Dans la position normale, les extrémités du ressort pressent sur A et B; mais elles portent sur B et E quand on pousse la manivelle à droite, sur A et C quand on porte la manivelle à gauche.

Arrivons enfin au mécanisme par lequel M. Bain écrit en points et en lignes percées sur une bande de papier la dépêche à transmettre. Il est représenté fig. 11 et 12. Les mêmes lettres dans ces deux figures indiquent les mêmes objets. A est une roue en cuivre fixée sur une plate-forme, et qui porte un cylindre ou rouleau *a*, sur lequel le papier s'enroule au moyen de la manivelle *a'*. P est un emporte-pièce cylindrique glissant horizontalement sur le train B et destiné à percer sur le papier les points ou les lignes ensemble de points. Une enclume *b* termine à gauche l'emporte-pièce, et les marteaux *c*, *c*, *c* de la roue C tournant sur des goupilles viennent frapper tour à tour sur l'enclume, pousser l'emporte-pièce et percer un trou dans le papier. D est la touche d'un levier tendu par un ressort *e;* lorsqu'elle n'est pas abaissée une goupille ou arrêt retient l'emporte-pièce, qui ne fonctionne plus sous la percussion des marteaux; si le doigt presse, au contraire, sur cette touche, l'emporte-pièce avance et fait un trou, mais il est aussitôt ramené par les ressorts en caoutchouc *gg*, et il ne fonctionnera de nouveau qu'autant que la touche sera de nouveau abaissée. La roue H a pour objet de tendre la courroie du cordon KKK qui, après s'être enroulé sur une poulie fixée à l'axe de la roue C, passe sur une autre roue Z. Toutes les roues, H, P, L, tournent ensemble quand la main agit sur la manivelle *h*. Deux rouleaux ou cylindres de petit diamètre *m*, *n* sont fixés, l'un sur l'axe de la roue L, l'autre à l'extrémité d'une tige-ressort; les rouleaux pressent entre eux la bande percée de papier et l'entraînent d'un mouvement continu. Cette bande est d'abord enroulée sur le cylindre *a*, puis amenée par son bout extérieur contre la plaque-guide *r*, et de là entre les rouleaux *m* et *n*. L'opérateur tourne la manivelle *h* de sa main gauche, et imprime un mouvement de rotation rapide à la roue C; les marteaux *c* frappent successivement des coups précipités sur l'enclume *b;* et la roue L déroule la bande de papier qui a passé d'une manière continue devant l'emporte-pièce. Si, au moment opportun, l'opérateur presse de sa main droite sur la touche D, l'emporte-pièce perce un trou; il percerait une série de trous ou une

ligne plus ou moins longue si le doigt était resté appuyé sur la touche. Il peut donc de cette manière écrire en espaces vides plus ou moins étendus une dépêche quelconque.

La forme d'alphabet adoptée par M. Bain comme la plus convenable est une modification de celle inventée et publiée en 1829 par le docteur Swaim, de Philadelphie, et employée plus tard, avec quelques changements peu importants, par M. Morse. Les lettres et les chiffres sont imprimées par un ensemble de points et de lignes de la manière suivante :

| | | |
|---|---|---|
| A - — | N - - — — | |
| B — - | O - - | 1 - — — — — |
| C - - - | P— - — | 2 - - — — — |
| D - - — | Q - — — - | 3 - - - — — |
| E - | R — — - | 4 - - - - — |
| F- — — — | S — - - | 5 - - - - - |
| G - — - - | T — - — — | 6 — — — — - |
| H - — — | U — - | 7 — — — - - |
| I — | V — — — - | 8 — — - - - |
| J - - - — | W — — - - | 9 — - - - - |
| K - — — - | X — - - — | 0 — — - — — |
| L - - - - | Y — — | FRAC — - — - — |
| M - — - — | Z — — — | Etc — — — — |

La longueur de la ligne n'entre absolument pour rien dans la signification du signal; une ligne est une ligne, un point est un point, et il n'est nullement nécessaire que les lignes produites dans cette écriture symbolique soient d'une longueur égale. La séparation des mots est indiquée par un espace blanc plus grand que celui entre les lettres, et la séparation des phrases par un blanc plus grand encore.

# CHAPITRE VI.

## Appareils relatifs aux applications de la télégraphie électrique.

### HORLOGES ÉLECTRIQUES.

Avant de donner la description des appareils imaginés par M. Bain, pour transmettre le mouvement d'une horloge à diverses aiguilles plus ou moins distantes, ou pour rendre parfaitement simultanées les indications de deux pendules, nous analyserons une note fort intéressante, écrite sur ce sujet curieux par M. Steinheil.

Pourquoi dans les grandes villes avons-nous plusieurs horloges? Sans aucun doute pour indiquer partout les heures. Mais si ces horloges ne marchent pas d'accord, le but sera manqué; chaque horloge indiquant une heure ou une minute différentes, nous ne saurons pas quelle est l'heure réelle. Il est vrai que depuis de longues années, l'horlogerie exacte s'efforce de résoudre le difficile problème de la marche simultanée des diverses horloges; mais après tant d'années, et malgré la multiplicité des moyens employés, le succès n'a pas encore couronné ses efforts. Les pendules astronomiques les plus parfaites ne marchent ensemble elles-mêmes que pendant un temps assez court; et il est admis aujourd'hui qu'on demanderait en vain une régularité absolue à des mécanismes aussi compliqués.

En réalité le problème doit être posé comme il suit : multiplier à volonté les indications d'une même horloge; ou, pour employer un langage figuré, faire réfléchir en autant de lieux qu'on voudra les images identiques de cette horloge unique. Or, parmi tous les mécanismes connus, il n'en est aucun qui transmette le mouvement avec assez de vitesse, pour qu'à l'instant même où l'aiguille d'une horloge saute d'une minute à l'autre, le même passage s'effectue dans des lieux

très-distants. Nous allons voir comment on pourra atteindre cet effet merveilleux par un emploi approprié des forces électriques.

Concevons que le fil conducteur d'un courant galvanique aille du pôle zinc de la pile à la pendule, dont on veut multiplier les indications : un instant brisé, le fil reprend ensuite son cours, et passe tour à tour par chacune des stations où la reproduction des indications de l'horloge doit avoir lieu, et qui sont munies chacune : 1° d'un cadran avec aiguilles; 2° d'un appareil composé d'abord d'un électro-aimant qui, par le passage du courant, s'aimante et attire une petite armature en fer doux; 3° d'un mécanisme particulier qui, mis en mouvement, fait avancer d'un pas sur le cadran l'aiguille indicatrice. Après avoir traversé tous les électro-aimants des stations, et avoir été ainsi plusieurs fois interrompu, le fil conducteur revient au pôle cuivre de la pile. Admettons enfin que nous ayons trouvé une disposition telle, et tellement liée avec l'aiguille des minutes de l'horloge, qu'à chaque minute, le courant se trouvant fermé un instant, tous les électro-aimants deviennent actifs, attirent leur armature, et font avancer les aiguilles correspondantes d'un pas ou d'une minute; après quoi le courant étant de nouveau interrompu, toute attraction cesse, les aiguilles s'arrêtent pour avancer encore à la minute suivante, etc. N'est-il pas évident que de cette manière le problème de la reproduction en un nombre quelconque de lieux, des indications d'une seule horloge sera complétement résolu? le fil conducteur, en effet, peut avoir une longueur immense, et le courant, quelque long qu'il soit, le traverse en un instant indivisible. On pourra installer de semblables cadrans à tous les étages d'un grand édifice, dans toutes les chambres d'une maison, sur toutes les places d'une ville. En même temps qu'on règlera l'horloge unique, toutes les autres aiguilles seront par là même réglées; leurs indications seront toujours aussi parfaitement conformes que si tous les cadrans n'étaient en réalité que des images données par des miroirs du cadran de l'horloge unique.

C'est une première manière de faire servir les forces électriques à la transmission du temps. On peut les utiliser encore de manière à faire marcher d'accord plusieurs pendules. Cette dernière application a un autre avantage précieux, c'est que, si, par un accident quelconque, les appareils cessaient de fonctionner, l'accord seul ne subsisterait plus, les pendules n'en donneraient pas moins leurs indications isolées, tandis que dans la première installation si l'horloge unique s'arrête,

si le courant est interrompu, si les électro-aimants sont inertes, toutes les aiguilles cessent à la fois d'indiquer les heures. Parmi tous les moyens qu'on peut mettre en œuvre pour résoudre ce second problème, nous indiquerons seulement celui qui, sur l'ordre de Sa Majesté le roi de Bavière, a été réalisé dans l'institution royale des jeunes demoiselles. Pour les usages ordinaires de la vie, il n'est pas nécessaire que cet accord des horloges s'étende aux plus petites fractions du temps; s'il en devait être ainsi, il faudrait appliquer l'appareil directeur aux pendules eux-mêmes, de manière à rendre parfaitement égaux les temps de leurs oscillations. Il suffira en général que l'accord soit rétabli à certains intervalles, à toutes les heures, par exemple, par l'intervention du courant électrique. C'est ce qui a lieu pour les horloges de l'établissement dont il vient d'être question. Le mouvement des aiguilles porte une pièce plate en forme de spirale, laquelle pendant la durée de l'heure soulève peu à peu un poids agissant sur un levier : ainsi soulevé, le poids est maintenu à sa plus grande hauteur, par une disposition semblable à celle qui tient armé le chien d'une arme à feu. La pièce en spirale dans sa rotation amène une entaille faite suivant le rayon et dans laquelle le levier s'engage; cette entaille est élargie vers le haut. Quand le moment est venu où la pendule normale doit régler toutes les autres, l'armature ou le petit morceau de fer doux attiré par l'électro-aimant agit par l'intermédiaire d'un levier sur la gâche du cliquet, la détend, et fait que le bras de levier entraîné par le contre-poids tombe tout à coup; cette chute l'engage dans l'entaille de la pièce en spirale fixée sur le mouvement des aiguilles. Si pendant l'heure qui vient de s'écouler l'aiguille avait avancé ou retardé, comme la chute du levier ramène l'entaille en avant ou en arrière, et avec elle les pièces en spirale et les aiguilles; il en résultera que sur chaque cadran elles correspondront toutes exactement au même point. Dans l'intervalle d'une heure les bonnes pendules varient peu, il n'y a que de petites erreurs à corriger; mais dans tous les cas l'entaille peut être assez grande pour ramener des écarts de deux à trois minutes, dans le cas où l'on ne rétablirait l'accord qu'après vingt-quatre heures. On parvient donc de cette manière à faire indiquer à un nombre quelconque d'horloges les mêmes heures, les mêmes demi-heures, et à les faire sonner en même temps. Il est certain que l'on arrivera par ces procédés à rendre complétement identiques les indications des horloges d'une ville beaucoup plus facilement que si

l'on demandait cet accord aux perfectionnements impossibles de l'horlogerie.

### *Pendule électro-magnétique de* M. BAIN.

AA, planche XIX, fig. 1, est une caisse en acajou, fermée par une glace : B est un support métallique, fixé au fond de la caisse, et auquel le pendule est suspendu : CC sont des aimants en acier permanents, fixés sur les côtés de la caisse, de telle sorte que la lentille D du pendule puisse osciller librement entre les aimants qui se regardent par leurs pôles opposés. E est une petite boule de platine attachée à une tige en cuivre, et libre de se mouvoir à droite ou à gauche, en pressant un ressort très-léger porté en H par la tige du pendule. La plaque de cuivre F est déposée dans le sol humide et communique par un fil au support B : la plaque de zinc G est de même enfoncée en terre et communique par un conducteur à la pièce de métal I; ces deux plaques ont tout au plus quatre pieds carrés de surface. Au point le plus bas du ressort auquel est suspendu le pendule, on fixe un fil recouvert de soie; ce fil passe derrière la tige du pendule et se replie plusieurs fois sur lui-même dans une rigole préparée d'avance pour le recevoir; il est alors ramené de derrière la tige et se termine en H aux supports du ressort; la lentille des pendules ordinaires et ainsi remplacée par une bobine électro-magnétique. Un courant électrique, constant et uniforme, passe de la terre dans les plaques et les fils en suivant la direction des flèches, aussi longtemps que la boule de platine E est en contact avec la pointe en platine liée au support I : mais supposons que le pendule soit déplacé, et que d'abord la lentille se trouve entre les pôles de l'aimant placé à droite, le point H se trouvant maintenant plus rapproché vers la droite que la boule E, celle-ci cessera de s'appuyer contre la pointe I, jusqu'à ce que, le pendule faisant son oscillation vers la gauche, la boule retombe vers la droite; ce même effet se reproduira à chaque oscillation; l'action de la boule d'ailleurs établit tour à tour et rompt le circuit, alors que le pendule est à l'extrémité ou très-près de l'extrémité de sa course; il en résulte que la bobine est attirée ou repoussée par les aimants vers la fin de ses oscillations, et que par conséquent le mouvement se continuera pendant un temps indéfini.

### *Horloges électro-magnétiques de* M. BAIN.

A, fig. 2, est une pile voltaïque, B une vue par derrrière d'une horloge ordinaire dont le pendule bat les secondes; C est une plaque d'ivoire, fixée au châssis de l'horloge; elle porte en son milieu un morceau de cuivre qui communique par un fil conducteur avec le pôle positif de la pile. Au pendule est fixé un ressort très-léger en cuivre F, de telle sorte que chacune des vibrations du pendule apporte l'extrémité libre du ressort en contact avec le morceau de cuivre, le circuit est alors fermé; il est interrompu quand l'extrémité du ressort porte sur l'ivoire. G et H sont deux horloges électriques, unies à l'horloge B par le fil conducteur L et mises en mouvement par elle. La fig. 3 est une vue par derrière de l'une des horloges électriques; *a* est un électro-aimant, *b* son armature, tenue en suspension par un ressort, à la manière d'un pendule; *c* est une petite vis destinée à régler la distance de l'armature à l'électro-aimant. A l'extrémité inférieure de l'armature s'adapte un encliquetage *d*, s'engageant dans les dents d'une roue à rochet *e*; *f* est un ressort qui maintient fixe la roue à rochet. Si le pendule de l'horloge B envoie un courant électrique à travers le fil conducteur, l'armature est attirée par l'aimant, et l'encliquetage *d* tire une des dents de la roue de rochet : quand le courant est interrompu au moment où le ressort F du pendule abandonne le morceau de cuivre de l'horloge primitive, l'armature retombe à la position primitive, et entraîne l'encliquetage qui fait avancer d'une dent la roue à rochet. L'arbre de cette roue porte une aiguille qui avance ainsi d'un pas à chaque seconde, ou à chaque oscillation du pendule de l'horloge. Un pignon de l'arbre de la roue à rochet met en mouvement un autre rouage qui porte l'aiguille des minutes et des heures.

Pour faire marcher à la fois un grand nombre d'horloges électriques, il faudrait une pile puissante et un gros fil conducteur : on diminue considérablement la difficulté en faisant marcher les horloges, non pas simultanément, mais circulairement, si l'on peut s'exprimer ainsi, ou l'une après l'autre. Pour obtenir cet effet, on place la roue à rochet sur l'arbre de l'aiguille des minutes; alors elle n'avance plus que d'un pas à chaque minute au lieu de chaque seconde.

La fig. 4 montre par devant le régulateur de l'horloge primitive B, sur laquelle est fixé un cercle d'ivoire, avec des morceaux ou che-

villes en métal, insérées de manière à effleurer la surface, et en nombre égal au nombre des horloges à mettre en mouvement. Au centre du cercle est placé l'arbre de l'aiguille des secondes de l'horloge, sur laquelle est fixé un ressort très-délié ayant son extrémité libre en contact avec le cercle en ivoire. Le fil conducteur positif de la pile est en communication avec le mouvement de l'horloge. Dès lors à chaque fois que l'aiguille des secondes passe sur une cheville de métal du cercle en ivoire, le circuit est fermé, et le courant est transmis à celle des horloges qui communique avec la cheville dont il s'agit. Comme l'aiguille des secondes passe une fois par minute sur chacune des chevilles de la roue, chacune des aiguilles, mises en communication avec l'horloge régulatrice, avancera d'une division par minute. Par cette combinaison le courant, n'ayant à faire mouvoir à la fois qu'une seule aiguille, exerce plus de puissance.

La figure 5 représente un mécanisme destiné à faire marcher d'accord des horloges ordinaires, réglées à chaque heure par le passage d'un courant électrique qui les unit à une première horloge régulatrice. Pour mettre le mécanisme en évidence, on a enlevé une partie du cadran : *a* est un électro-aimant et *b* son armature, à laquelle est attachée une tige terminée à son extrémité supérieure par une fourche conique *ee* : *c* est une cheville ou pointe, se prolongeant en arrière à partir de l'aiguille des minutes. Avant la transmission du courant électrique à l'électro-aimant *a*, l'armature *b* et les fourches *ee* sont dans la position indiquée par les lignes pointées : mais à la dernière seconde de l'heure, l'horloge régulatrice transmet le courant, et le fait circuler autour de l'électro-aimant ; alors l'armature est soudainement attirée et levée, entraînant la fourche comme le montre la figure. Si l'horloge avait avancé, le mouvement de la fourche sur la cheville ramènera à sa place l'aiguille des minutes, et celle-ci indiquera le temps exact. De même, si l'horloge avait retardé, la fourche ferait avancer l'aiguille ; de cette manière donc l'horloge, à chaque heure, indiquera réellement le temps.

La figure 6, même planche, montre le mécanisme adopté par M. Bain pour faire marcher l'horloge électrique par la traction d'un fil de cuivre au lieu du pouvoir attractif d'un électro-aimant. A est un galvanomètre de cuivre isolé, suspendu librement à son centre ; B est un barreau aimanté, fixé invariablement dans l'intérieur du galvanomètre ; CC sont deux ressorts en spirale, un de chaque côté, pour conduire

le courant électrique du fil conducteur stationnaire au fil ou multiplicateur mobile; F est un encliquetage attaché au fil; E est une roue à rochet, fixée sur l'arbre de l'aiguille des minutes de l'horloge, et G est un ressort qui maintient la roue en repos. L'horloge régulatrice transmet le courant électrique au multiplicateur; le barreau aimanté est porté vers la gauche, l'encliquetage F entraîne la roue E, et la fait marcher d'une dent. Si le courant est interrompu, le fil revient à sa position première sous l'action du ressort C. Si l'horloge doit recevoir le courant à chaque seconde, la roue E est placée sur l'arbre de l'aiguille des secondes; mais si l'électricité n'est transmise qu'une fois par minute, la roue E sera placée sur le pignon de l'aiguille des minutes.

### *Appareils chrono-électriques de* M. GARNIER.

*L'horloge type.* — A, planche XX, fig. 1, est la platine des piliers de la pendule-type sur laquelle est tracé en plan un rouage qui diffère peu de celui d'une pendule ordinaire; B est le barillet du mouvement; C la roue de temps ou grande moyenne; D la roue de centre portant comme d'habitude sa minuterie; E la roue de champ, et F la roue d'échappement pourvue de ses chevilles; G les leviers de l'échappement. Sur l'axe du pignon d'échappement F est fixée une étoile en acier trempé *f* dont nous expliquerons l'usage plus bas. B′ est le barillet du rouage auxiliaire; C′ la grande moyenne, D′ et E′ deux roues intermédiaires; H un pignon sur l'axe duquel sont fixées trois petites ailettes *h* de $0^m,002$ de largeur, et dont le rayon prolongé vient rencontrer les dents de l'étoile *f*. Le pivot opposé du pignon H traverse la platine de derrière A, fig. 2, et porte à frottement sur son prolongement le petit moulinet à trois dents *a*; B est un levier en équerre porté par une broche dont le centre de mouvement est en B; le bras *h* porte en élévation sur son plan un appendice formé d'une portion de cuivre et d'une portion en acier fondu trempé dur. G′ est un fil de cuivre rouge roulé en hélice pour faire ressort, dont le bout pénètre dans le centre du bras B, et y est fixé par une vis de pression *f*; l'autre bout communique avec le fil conducteur formant le courant électrique, et fait par conséquent partie du circuit.

D est un autre fil en cuivre rouge courbé en ressort de pistolet, et traversant le collet *d* dans lequel il est retenu par la vis de pression *e*. Le bout supérieur de ce fil est pourvu d'une petite lentille en or pur,

et aboutit sous la partie en acier de l'appendice *h*, avec lequel il est en contact. C'est par là que le circuit électrique est ouvert ou fermé. L'autre bout du fil D communique avec le fil conducteur, et fait partie comme le précédent du circuit électrique.

Voici maintenant comment fonctionnent toutes ces parties : l'étoile F, fig. 1, est fixée sur l'axe de la roue d'échappement et suit son mouvement ; chacune des ailettes *h*, entraînée par le rouage accessoire, rencontre une dent de l'étoile qui ralentit sa marche, mais avec laquelle elle progresse jusqu'au moment où les deux rayons, devenus trop courts, se séparent, l'ailette fait alors un tiers de tour ; la suivante rencontre, à son tour, une dent de l'étoile, en suit le mouvement et la quitte de nouveau pour recommencer indéfiniment. L'emploi de l'étoile est, comme on le voit, de modérer et régulariser la rotation du rouage auxiliaire.

Le moulinet *a*, fig. 2, porté par le pignon des ailettes, suit aussi le même mouvement de rotation ; chaque fois que l'une d'elles échappe de l'étoile, une dent du moulinet écarte le bras vertical du levier B, l'autre bras s'éloigne alors du bout supérieur du fil D sur lequel il reposait ; il résulte de ce mouvement que le circuit électrique est ouvert et cesse d'affecter les électro-aimants qui mettent les appareils chronométriques en fonction ; mais bientôt le moulinet a repris sa position primitive, ainsi que le bras *b* ; le contact entre le fil D et le bras *b* étant rétabli, le circuit est fermé et les électro-aimants mettent en mouvement les appareils horaires. La période de rotation est de six secondes dans les modèles exécutés, mais elle peut être réduite ou augmentée en changeant le nombre des dents de l'étoile, et l'on pourrait ainsi faire marquer la seconde à un nombre illimité d'appareils qui seraient disposés pour cet effet.

Pour éviter que l'électricité se perde dans les parties étrangères aux organes du contact, il existe pour chacun d'eux des garnitures isolantes qui font suivre au fluide le parcours direct indiqué sur le dessin par des flèches.

*Premier appareil chronométrique.* — A, fig. 3, est la platine des piliers sur laquelle est tracé en plan le rouage de l'appareil. B est le barillet, C la roue de temps, D la roue de centre conduisant les aiguilles, et F la roue d'échappement dont les dents sont très-dégagées. Cette roue est maintenue dans une position fixe par un contre-pivot placé à chaque bout de son axe, de manière à ne lui laisser que

le jeu nécessaire pour être libre. F′ est l'axe de l'échappement placé verticalement et parallèlement à la platine; il porte en *f* un plateau d'acier horizontal dans l'épaisseur duquel est pratiquée une rainure dont une partie est inclinée dans un sens, et l'autre partie dans le sens inverse; *f′* et *f″* montrent cette rainure ainsi que le plateau séparé et réuni à son axe; *d* est un petit ressort très-flexible qui ramène le plateau après son déplacement par la roue. Les points de l'axe de l'échappement et le petit ressort sont fixés en dedans de la platine de derrière, qui est traversée par la cheville *e* dont l'usage sera indiqué plus loin.

H, fig. 4, est la platine de derrière sur laquelle est vissée en élévation une brèche qui est le centre de mouvement du levier en équerre I. Le ressort J appuie sur le bras vertical de l'équerre et le maintient contre la goupille 2 placée dans la platine; l'autre bras porte une espèce de chape *k* qui reçoit à taraud la petite tringle L, au bout de laquelle est fixée la platine en fer doux M, destinée à être attirée par un électro-aimant semblable à celui de la figure 7.

Le dessin des fig. 3 et 4 indique la position des organes quand le circuit électrique est ouvert. L'une des dents de la roue d'échappement F est au repos sur le plan horizontal *f*, tout près du bord de l'entaille inclinée. Dès que le circuit est fermé, l'électro-aimant attire la platine en fer doux M, fait fléchir le bras horizontal de l'équerre, dont l'autre bras se meut dans le sens de la goupille 1, et déplace la cheville *e* fixée à l'assiette de l'axe du plateau; ce dernier, par le petit mouvement produit, permet à la dent de la roue d'échappement qui était au repos de s'engager dans l'entaille inclinée, et comme la roue est sollicitée par le ressort moteur, la dent continue le déplacement du plateau, et vient s'arrêter dans l'angle de l'entaille où elle reste jusqu'au moment où le circuit est ouvert : le plateau poussé par le petit ressort *d* revient alors sur lui-même, la dent achève de parcourir la rainure, et la suivante se pose à son tour sur la partie horizontale du plateau. Les mêmes fonctions se renouvellent chaque fois que l'électricité est mise en jeu. Le ressort J est non-seulement destiné à ramener le bras I à sa place, mais encore à équilibrer le poids de la plaque M, ce qu'on obtient en tournant la vis 3 dont la tête est excentrique à son taraud.

*Deuxième appareil chronométrique.* — A, fig. 5, est la platine sur laquelle sont montées en élévation les pièces de l'appareil.

B est une roue dentée en rochet, montée sur son pignon *b*, engrenant dans la roue C, dentée à l'ordinaire, et montée sur un arbre dont le prolongement sert à porter la communication des aiguilles. D, point faisant office de cage dans lequel roulent les pivots supérieurs des deux roues. E, valet ou sautoir, dont la tête pénètre dans l'intervalle des dents de la roue en rochet, pour la fixer et l'empêcher de rétrograder; *e*, ressort qui maintient le valet dans sa position. F, levier qui met tout en jeu, la fig. 6 le montre séparément; il a son centre de mouvement sur une broche vissée sur la platine A; G, petit ressort fixé sur le haut du levier, dont la tête angulaire entre aussi dans les dents du rochet B; H, butoir également fixé sur le levier E. *f*, petit bras du levier auquel est attachée la chape dans laquelle entre à taraud la tige I, dont le prolongement porte la platine en fer doux. J, ressort dont le bout appuie sur le petit bras *f*, pour ramener le levier F à son point, et dont la vis à tête excentrique *d* règle la pression. *k*, fig. 7, barrette montée à carré sur le prolongement de l'axe de la roue C, pour entraîner les aiguilles de l'horloge, au moyen d'une broche qui entre dans la rainure pratiquée à son extrémité; L, électro-aimant qui détermine le mouvement de l'appareil; M, la platine en fer doux fixée au bout de la petite tige I; N, point d'attache de la petite tige avec le levier F.

La fig. 5 représente l'appareil prêt à fonctionner. L'horloge-type faisant passer actuellement le courant électrique dans l'aimant temporaire L, la platine en fer doux M est attirée, et avec elle le levier F, auquel elle est liée par la tringle I; celui-ci est affecté d'un mouvement de gauche à droite, équivalant à l'intervalle de deux rochets B; la tête du petit ressort G, qui est engagée dans l'une des dents de ce rochet, entraîne la dent avec lui, et le valet E se place devant la dent suivante pour empêcher le recul qui aurait lieu quand le levier F viendra remettre le ressort G en prise. Dès que le circuit est ouvert, la platine en fer doux quitte l'aimant, et le levier F, sollicité par le ressort J, vient reprendre sa première position, ainsi que le petit ressort G, qui cède en passant par-dessus la dent du rochet qu'il doit entraîner à l'action suivante. Le butoir H, fixé sur le levier F, empêche le passage de deux dents à la fois, en pénétrant dans une dent du rochet B, chaque fois que le levier F est mis en jeu.

Comme on le voit, cet appareil produit ses fonctions par l'action directe de l'électricité sur le levier F, lequel met en mouvement le ro-

chet B, dont le pignon fait marcher la roue C, qui à son tour communique le mouvement aux aiguilles.

Dans le premier appareil, au contraire, c'est un ressort moteur qui communique l'action au rouage qui entraîne les aiguilles, dont la marche est subordonnée à l'échappement mis en jeu par l'électricité.

### *Horloges électriques de* WEARE.

Les appareils chronométriques de M. Weare, horloger anglais de Birkenhead, comté de Chester, sont remarquables par leur élégance et leur petit volume. Ce sont des pendules ou des balanciers mis en mouvement sans poids et sans ressorts par la seule influence du courant.

*Pendule électrique.* — A, fig. 7, est un pendule lié à un mouvement d'horlogerie par un mode quelconque d'échappement. NS est un aimant permanent en acier deux fois recourbé à angle droit; N est son pôle nord, S son pôle sud. On a fixé sur le pendule un électro-aimant E, de forme rectiligne et qui remplace la lentille; il repose sur une plaque étroite de laiton qui se prolonge vers le bas par deux appendices $a$, $a'$. L'une des extrémités du fil de l'électro-aimant se rattache à cette plaque, l'autre extrémité se lie à un conducteur qui circule vers le bas de la boîte derrière le pendule; ce fil conducteur, représenté par la ligne ponctuée, aboutit au ressort de suspension du pendule, où aboutit aussi le fil $h$ en communication avec le pôle zinc de la pile. Le fer aimanté porte au-dessous de ses extrémités recourbées deux petits ressorts en spirale, formés de deux minces fils d'or, qui, à travers la masse métallique de l'aimant, et un fil additionnel $b$, communiquent avec le pôle cuivre de la pile. Cette pile se trouve dans la partie inférieure et très-bien fermée de la pendule. Cela posé, aussitôt que le pendule s'approche de l'un des pôles, du pôle nord, par exemple, l'appendice $a$ arrive au contact du fil d'or $f$: le circuit est fermé, le courant circule dans la direction C, $b$, $f$, $a$, à travers le fil de l'électro-aimant, le fil $g$ et le fil $h$, et revient au pôle Z par la pile. Le fil de l'électro-aimant tourne dans un sens tel, que, sous l'influence du courant établi comme nous venons de le dire, le pôle vers $a$ devient un pôle nord, le pôle vers $a'$ un pôle sud; il y a dès lors répulsion entre $a$ et N, le pendule revient à droite et s'approche du pôle sud de l'aimant; l'appendice a touché le fil d'or $f'$, le circuit est encore fermé, et le courant passe dans le même sens; $a'$ devient un

pôle sud qui est repoussé vers S; le pendule revient à gauche et continue indéfiniment ses oscillations tant que la pile fonctionne; ce mouvement indéfini se transmet d'ailleurs aux rouages par les moyens ordinaires.

*Horloge électrique sans pendule.* — AAA, fig. 8, est le support de la pendule; *aa'* sont deux petites colonnes ou vis de pression, où sont fixés les fils venant des deux pôles de la pile; *pp'* sont deux pointes en laiton en communication métallique, l'une avec *a*, l'autre avec *a'*; *cc* est un balancier, *d* son ressort spiral, qui ramène à sa position d'équilibre le balancier écarté par l'influence magnétique; *b* est l'axe du balancier, il porte à son extrémité inférieure une petite aiguille magnétique pouvant se mouvoir horizontalement et librement au sein d'un multiplicateur *rr'*; une des extrémités du fil de ce multiplicateur communique à la pointe *p'*, l'autre directement à la vis de pression *a'*, et par *a'* avec le pôle zinc de la pile. Sur l'axe du balancier, un peu au-dessous du multiplicateur, se trouve un anneau d'ivoire entouré d'un fil d'or, qui se prolonge aux deux extrémités d'un même diamètre, suivant deux fils *s*, *s'* qui viennent toucher les pointes *p*, *p'*.

Si maintenant l'horloge est tellement placée que, l'aiguille magnétique se trouvant dans le plan méridien, les fils *s*, *s'* appuient contre les pointes *p*, *p'*, le circuit est fermé, le courant passe et suit la route *k*, *a*, *p*, *s*, *s'* *p'*, traverse le multiplicateur dans la direction de la flèche, vient en *a'*, en Z et de là en C; aussitôt l'aiguille magnétique est déviée, les fils *s*, *s'* ne touchent plus *p*, *p'*; le circuit est rompu, le courant ne passe plus; l'action directrice de la terre unie à la réaction du ressort ramène de nouveau l'aiguille dans le méridien, le courant se rétablit, etc., etc. On voit donc que le balancier continuera indéfiniment ses oscillations, tant que la pile ne cessera pas de fonctionner; ce mouvement oscillatoire se transmet, comme d'ordinaire, à un ensemble de roues.

*Balancier électrique avec piles sèches.* — PP, fig. 9, est un ensemble de piles sèches : le pôle positif et le pôle négatif de cet ensemble aboutissent aux deux boutons + S, — S'. F est le balancier, A son fuseau, portant à son extrémité inférieure un petit appendice ou bras E en verre, scellé avec de la cire à cacheter, et armé d'une petite boule en or, qui apporte au pôle positif l'électricité prise au pôle négatif, et réciproquement, de manière que l'appendice soit toujours repoussé par le pôle devant lequel il arrive.

## *Applications diverses.*

M. Fardely de Manheim a aussi beaucoup étudié le problème si intéressant de reproduire sur tous les points d'une ville l'heure donnée par un régulateur unique; mais rien ne nous apprend qu'il ait apporté des modifications essentielles aux mécanismes que nous venons de décrire; il s'est surtout appliqué à perfectionner les piles dont il se sert, de telle sorte qu'elles puissent fonctionner un temps indéfini sans être renouvelées.

Le 30 juin 1849, le célèbre mécanicien de Leipsig, M. Störer, a pris, de concert avec un horloger de cette même ville, M. Scholle, un brevet ou patente qui leur assure en Saxe la propriété d'un nouveau système d'horloges électriques. Ils ont choisi leur ville natale pour première application de leur invention. Les rues ont été partagées en groupes, et chaque groupe a son fil conducteur fixé aujourd'hui contre les murs extérieurs, mais qui sera bientôt mis mieux à l'abri dans l'intérieur des maisons. Tous ces conducteurs aboutissent à la maison commune, ou hôtel du conseil. Les couples de fil nécessaires pour faire marcher les aiguilles sur le cadran de chaque maison s'embranchent ou se soudent sur le conducteur principal. Les fils d'embranchement coûtent à peu près un franc le mètre, et sont à la charge du propriétaire ou du locataire de la maison; celui-ci paye de plus six ou huit francs par année, suivant les dimensions du cadran, mais il n'a à supporter aucun autre frais, et la direction des horloges électriques s'engage à lui assurer l'heure et la minute exactes de l'horloge de l'hôtel de ville. Une pendule électrique grand modèle, avec boîte en palissandre et cadran de 33 centimètres, coûte de 60 à 80 francs; les plus simples avec cadran de 20 centimètres valent environ 45 francs. Un grand nombre d'appareils fonctionnent déjà à Leipsig, chez les négociants, les restaurateurs, etc., etc., et dans divers établissements publics.

Nous avons appris par hasard l'autre jour, qu'à la honte de Paris, la ville de Nantes était entrée en possession, dans plusieurs de ses quartiers, du grand bienfait de la transmission régulière et exacte du temps par les courants électriques. Est-il possible que rien de semblable ne soit fait encore dans la capitale de la France, et que même à l'Observatoire national on n'ait pas plus tenu compte de cet immense progrès, que s'il n'existait pas? La jeune Amérique l'a réalisé,

elle, et sur une immense échelle. Elle a devancé l'Angleterre ; elle détermine la longitude des points importants de ses côtes par le télégraphe électrique, etc., etc. ! La France abdique et dort ; le bruit des nations rivales marchant en avant et la laissant loin derrière elles ne l'émeut pas. Et cependant elle compte dans son sein un grand nombre d'artistes éminents qui, si l'on acceptait leurs offres, nous replaceraient bientôt au premier rang des peuples. Personne, par exemple, n'a mieux étudié et plus complétement résolu que M. Froment la belle question des horloges électriques. Depuis très-longtemps une horloge informe, une horloge de bois, transmet dans ses ateliers l'heure, la minute, la seconde à de nombreux cadrans, et règle plusieurs pendules. M. Froment a mieux fait que tous ceux qui l'ont précédé ; voici bientôt dix-huit mois que ces mouvements électriques se continuent sans s'être arrêtés un seul instant : c'est quelque chose de prodigieux, car aucun autre artiste n'a pu encore défendre de l'oxydation les contacts métalliques par lesquels le courant se transmet. Nous ne connaissons pas le secret de M. Froment ; nous savons seulement qu'il n'emploie pas l'alliage de platine et de palladium de M. Siemens ; les substances en contact dans ses appareils sont probablement le platine et le charbon ; probablement aussi qu'il a rendu ces substances inoxydables en modifiant leur état électrique. Comment, je l'ignore. Si le gouvernement ou les compagnies de chemin de fer chargeaient cet artiste éminent de mettre ses procédés en œuvre dans quelque vaste établissement ou sur quelque grande ligne, il ferait des prodiges et nous regagnerions d'un seul bond le terrain perdu.

## PENDULE A MOUVEMENT CONTINU DE M. FRANCHOT.

La belle expérience de M. Foucault, qui met en évidence le mouvement de rotation de la terre par le déplacement circulaire du plan d'oscillation du pendule, serait beaucoup plus frappante si le pendule pouvait osciller continuellement ou du moins indéfiniment ; or, c'est ce que M. Franchot a voulu réaliser au moyen de l'électricité. Nous indiquerons brièvement le principe qui lui a servi de point de départ et le mode d'expérience qu'il a essayé.

Si l'on met en oscillation un pendule suspendu à l'extrémité d'un ressort assujetti à se mouvoir dans le sens vertical, on remarquera, indépendamment de l'oscillation principale ou sensiblement horizontale

de la boule du pendule, une oscillation dans le sens vertical; c'est-à-dire que le ressort qui supporte le pendule fléchira pendant l'oscillation descendante, atteindra son point le plus bas au milieu de l'oscillation du pendule, pour se relever ensuite jusqu'à la fin de l'oscillation ascendante. De là une oscillation verticale double pour une oscillation simple horizontale. C'est un effet qu'il était facile de prévoir, par la composition des forces qui sollicitent successivement le point de suspension pendant les diverses phases de l'oscillation.

Cela posé, puisque le mouvement de tout pendule engendre, dans certaines conditions de suspension, des oscillations verticales, on peut conclure *à priori* qu'en maintenant, qu'en amplifiant ou qu'en accélérant les oscillations verticales, on maintiendra ou l'on amplifiera, par réaction, les oscillations du pendule. C'est qu'en effet de telles oscillations verticales, soutenues suivant un rhythme convenable, tendent à accélérer l'oscillation descendante de la masse du pendule et à favoriser son oscillation ascendante.

Pour exécuter un spécimen de cet instrument et en rendre le principe sensible aux yeux, M. Franchot a fait construire une sorte de lanterne en fonte, qui se compose de deux plateaux parallèles réunis par deux segments de cylindre. Cette lanterne est traversée, suivant son axe, par une tige en bronze qui glisse, à frottement doux, dans les deux plateaux qu'elle perce d'outre en outre, de telle sorte que ces plateaux étant placés de niveau, la tige soit assujettie à se mouvoir dans le sens vertical. Entre les segments de cylindre qui forment les parois latérales de la lanterne, on loge un ressort en hélice dont le haut s'attache au plateau supérieur, et le bas à la tige mobile qui est concentrique au ressort; la tige mobile est donc suspendue sur le ressort. A l'extrémité inférieure de la tige mobile est fixé un bouton, par le centre sort le fil de suspension du pendule. De chaque côté de la lanterne, et en face des évidements laissés par les segments, sont fixés deux barreaux en fer doux destinés à former un électro-aimant par un circuit électrique. Ces barreaux s'élèvent un peu au-dessus du niveau du plateau supérieur. Or la tige mobile en bronze porte une platine en fer qui oscille, avec la tige, dans la sphère d'attraction des pôles de l'électro-aimant, et au plus près, lorsqu'on met le pendule en mouvement; cette platine s'éloigne donc et se rapproche successivement des pôles de l'électro-aimant. En même temps elle met en mouvement l'aiguille d'un commutateur qui interrompt le circuit élec-

trique à a fin de l'oscillation descendante, et le rétablit à la fin de l'oscillation ascendante. Lorsque le rhythme du pendule est bien saisi, un seul élément Bunsen, de petite dimension, est plus que suffisant pour entretenir les oscillations du pendule. Pour obtenir la marche la plus régulière, il faudrait que le ressort fût d'une élasticité telle qu'il donnât naturellement deux oscillations pour une oscillation simple du pendule, sous la charge de la masse du pendule supposé au repos. De ce côté l'appareil d'essai est encore irrégulier ; car le ressort, sous l'influence d'un poids de 5 kilogrammes, équivalant à celui du pendule, donne un nombre d'oscillations presque quadruple de ce dernier, qui donne environ une oscillation par seconde. Le temps seul a manqué pour remédier à cet inconvénient, qui engendre par moment quelques trépidations irrégulières et bizarres, résultant de la lutte qui semble s'établir entre la cadence oscillatoire du ressort et celle du pendule. Mais, tel qu'il est, cet appareil suffit pour démontrer la praticabilité du moyen proposé pour prolonger indéfiniment les oscillations du pendule universel, sans altérer le plan d'oscillations.

L'appareil décrit par M. Franchot a fonctionné pendant et après la séance, dans la salle qui précède celle où se tient l'Académie.

On a fait encore une foule d'autres applications du principe de la télégraphie électrique : presque chaque jour en apporte une nouvelle ; je ne m'arrêterai pas à les exposer, d'autant plus qu'elles ne constituent pas des appareils nouveaux et complets; c'est tout simplement une autre manière d'employer les organes ou appareils élémentaires que nous avons décrits. Ainsi, par exemple, l'électro-ferme de M. Aristide Dumont, appareil de garantie contre les tentatives de vol dans les appartements, consiste essentiellement dans une alarme ou carillon électrique, qui sonne toutes les fois que l'on tente de forcer une serrure : le voleur a, sans s'en douter, fermé le circuit électrique, et établi lui-même le courant qui le trahit.

## APPAREIL POUR MESURER LA VITESSE DES PROJECTILES DANS DIVERS POINTS DE LEUR TRAJECTOIRE, DE M. BRÉGUET.

Planche XXI, figure 1, plan de l'appareil.

Figure 2, vue d'un côté.

Figure 3, vue de l'autre côté.

Figure 4, plan d'un compteur électro-magnétique qui marque sur

un cadran, par des points, le nombre de tours que fait une roue dans un temps déterminé.

Figure 6, profil de l'appareil.

Dans les fig. 1, 2, 3, les mêmes lettres indiquent les mêmes choses.

A B, bâtis en fonte sur lequel l'appareil est monté.

G, cylindre creux en cuivre, long de 36 centimètres, et dont la circonférence d'un mètre est divisée en millimètres sur toute la longueur. Il est monté sur un axe d'acier tournant sur des galets.

P, plateau fixé à l'une des extrémités de l'axe.

V, volant à ailettes courbes, fixé à l'autre extrémité.

M, commutateur placé sur l'axe du cylindre; trois ressorts métalliques frottent dessus.

T, tambour sur lequel s'enroule une corde à laquelle est suspendu le poids moteur. L'axe de ce tambour porte une roue qui engrène avec un pignon fixé sur l'axe d'une seconde roue qui commande un pignon faisant corps avec l'axe du cylindre.

N, commutateur placé sur le second axe. Deux ressorts appuient sur ce commutateur : par leur moyen, chaque tour de cette roue est marqué sur le cadran du compteur, fig. 5 et 6.

H, petit chariot porté par trois poulies qui roulent sur un petit chemin métallique formé par les tringles de cuivre RR, R′R′. Il porte deux électro-aimants et deux leviers en fer destinés à être attirés quand un courant électrique passe dans le fil enveloppant les aimants. Ces leviers portent chacun, à leur extrémité, un style dont l'objet est de faire des traces sur le cylindre; et comme le chariot a un mouvement de translation dans le sens de la longueur du cylindre, on voit que les styles peuvent faire des marques d'un bout jusqu'à l'autre.

E, échappement, où le balancier est attiré d'un côté et de l'autre par les deux petits aimants représentés dans la figure. Sur l'axe de la roue d'échappement, est une série de poulies de divers diamètres; sur l'une d'elles est enroulé un fil auquel est attaché le chariot qui, de l'autre côté, est tiré par un poids. On voit aisément que, chaque fois que la roue d'échappement tourne d'une dent, il doit avancer d'une quantité déterminée par le diamètre de la poulie sur laquelle le fil est enroulé.

Ce sont les trois ressorts 1, 2, 3, du commutateur M, qui, à chaque tour du cylindre, font passer le courant d'abord dans un aimant,

puis, au tour suivant, dans l'autre, ce qui détermine le mouvement oscillatoire de l'échappement : ce mouvement dégage ainsi la roue d'une demi-dent à chaque tour.

S, S, les deux styles portés par le chariot.

ρ, β, boutons communiquant aux tringles R et *b'*.

β, ρ, boutons communiquant aux tringles R' et *b*.

Les tringles R', *b*, sont en liaison métallique avec le fil de l'aimant 1.

Les tringles R, *b'* le sont avec l'aimant 2.

Ainsi, mettant les deux pôles d'une pile aux boutons β et ρ, un courant circulera dans le fil de l'aimant 1, et l'aimantera.

Il circulera dans le fil de l'aimant 2, si l'on met les pôles en ρ et β.

Dans cet état, les deux styles seront éloignés du cylindre; mais si l'on coupe l'un des fils qui de la pile arrive sur l'un des points ρ, β ou ρ, β, le courant sera interrompu et un style tombera.

Le courant qui passe dans l'aimant 1, passe aussi dans la première cible et dans le petit appareil fig. 4; et l'on dispose la roue R de manière que la languette métallique D ne soit éloignée que d'une dent du cliquet C. Alors, à l'instant où le boulet vient à couper la cible, le courant est interrompu; un style tombe sur le cylindre; la palette A, fig. 4, qui était retenue par l'aimantation, fait un mouvement, pousse la roue R d'une dent, la languette D touche le cliquet C, et à l'instant un circuit métallique est complété; un courant passe dans le second aimant, qui alors relève son style. Ainsi, au moyen d'appareils comme celui de la figure 4, en nombre égal à celui des cibles, on voit qu'à chaque cible percée un style tombe et un autre se relève au même instant.

Depuis deux ans, on a dû faire des expériences avec cette machine en Russie; je n'en connais pas les résultats.

## ENREGISTREUR ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE DES OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES DE M. WHEATSTONE.

La fig. 1, pl. XXII, représente cet appareil tel qu'il est installé dans l'observatoire de Kiew : sa hauteur, en y comprenant le châssis et le pied, est d'un peu plus de six pieds anglais. Il est actuellement disposé de manière à enregistrer les indications de trois instruments : le baromètre *a*, le thermomètre *b*, et le psychromètre, ou thermo-

mètre à boule mouillée, faisant fonction d'hygromètre *c ;* mais il est susceptible d'être étendu à deux autres instruments : l'anémomètre, sans doute, et l'actinomètre. Il se compose : 1° d'une horloge régulatrice, dont A est le pendule et B le poids ; à cette horloge sont fixés tous les mécanismes destinés à régler les mouvements divers ; 2° d'un rouage mû par une puissance indépendante et permanente, le poids C, entièrement libre, et qui n'est mis en jeu qu'au moment où l'on fait les observations. L'observation est faite par la première partie du mécanisme, elle est enregistrée par la seconde.

Dans la description du mode d'action de l'enregistreur, il suffira de ne considérer qu'un seul instrument, le baromètre, qui, dans ce cas, est un baromètre à siphon : ce que nous disons de ce premier instrument s'appliquera à tous les autres. Reportons-nous à la fig. 2, qui représente une vue un peu déformée de la partie postérieure de l'instrument. F est un électro-aimant, un aimant temporaire, c'est-à-dire un morceau de fer doux entouré d'un grand nombre de tours d'un fil de cuivre isolé ou recouvert de soie ; *k* est une armature en fer doux se mouvant sur son axe vers la droite ; elle est représentée sur la figure en contact avec l'électro-aimant devenu actif par le passage du courant. Si le courant cesse, le fer doux cessera en même temps d'être aimanté, l'armature tombera : dans sa chute, son bras de levier frappera contre l'appendice ou coude du levier *m*, et rendra ainsi libre la détente du rouage indépendant qui doit imprimer les observations. L'interruption du courant et l'impression des observations sont donc toujours synchrônes, c'est-à-dire ont toujours lieu en même temps.

La route parcourue par le courant est la suivante : D est une petite pile voltaïque formée d'une plaque de cuivre, plongeant dans une dissolution de sulfate de cuivre, et d'un vase ou tube poreux contenant de l'amalgame de zinc ; le tout est renfermé dans une auge de deux pouces carrés. Le courant suit la direction des flèches qui portent des numéros d'ordre ; il va du cuivre de la pile le long du fil recouvert, au rhéotome E, que nous décrirons tout à l'heure ; ensuite, de l'index à la portion de l'appareil à laquelle est fixé le fil *g ;* puis, par ce fil, au mercure renfermé dans la plus longue branche du baromètre *a* à siphon ; il reprend plus tard le fil fin 4 et 5, va à la poulie *d*, unie par un contact métallique à l'axe en métal, et arrive au corps de l'horloge ; sa route à travers les rouages métalliques de l'horloge

est indiquée par la flèche 6 ; il entre enfin dans le fil de l'électro-aimant, le traverse et revient au pôle zinc de la pile par le fil 7. Aussi longtemps donc que le courant ne sera pas interrompu, l'électro-aimant F sera actif, et chaque fois que l'interruption aura lieu, on fera une observation. Les fils 4 et 5 sont formés de deux parties; la plus basse, qui plonge dans le mercure du baromètre, est un morceau de fil fin d'acier dont on fait les ressorts de montre; la partie supérieure est une chaîne de montre tendue par les petits poids de la figure 1. Maintenant l'axe de la poulie *d* est lié au rouage d'horlogerie, et la chaîne s'enroule sur lui; de telle sorte qu'à certains instants, le fil qui termine cette chaîne est sorti du mercure ; le circuit est alors rompu, l'armature tombe, l'observation est faite. Il est évident que la portion de chaîne enroulée avant que la pointe du fil sorte du mercure est plus ou moins longue, suivant que le mercure, dans le tube, est plus haut ou plus bas; et par conséquent, si l'on a convenablement réglé les relations existantes entre le fil et le temps indiqué sur le cadran de l'horloge, on obtiendra de cette manière la hauteur de la colonne barométrique.

Dans ce but, la forme extérieure de la poulie *d* a été déterminée de telle sorte, par rapport à la course barométrique, que dans cinq minutes l'extrémité du fil passe du fond de la course à son sommet : la course, dans le cas présent, est d'un pouce et demi. L'axe est tellement disposé par rapport au rouage, qu'il enroule la chaîne dans un intervalle de cinq minutes; il cesse ensuite de fonctionner pendant une minute, temps durant lequel les poids, aidés du poids additionnel *e* descendent et ramènent le fil à sa position normale, prêt à remonter de nouveau pour redescendre encore, etc. Ainsi l'extrémité du fil abandonne le mercure, et une observation est faite toutes les six minutes.

Sur la face opposée de l'horloge, sont deux roues à types ou caractères, fig. 3, pl. XXII, dont le mouvement s'accorde parfaitement avec l'ascension et la descente du fil ci-dessus : la première de ces roues *o*, est munie de quinze rayons, portant chacun une lettre ; elle fait une révolution complète en trente secondes, deux secondes par lettre : la seconde roue *p* a douze rayons, dont dix représentent les dix chiffres, les deux autres sont en blanc : un des rayons de cette seconde roue s'avance d'un pas à chaque révolution de la première, ou en trente secondes, de sorte que le temps total de sa révolution est

de six minutes, précisément l'intervalle compris entre une ascension et une descente du fil. Les dix rayons avec chiffres correspondent aux dix demi-minutes ou aux cinq minutes de l'ascension du fil ; et les deux rayons blancs, à la minute employée par le fil à descendre, et pendant laquelle on ne fait pas d'observation.

Il est évident, dès lors, que si la pile est en action, les communications établies, l'horloge montée et mise en mouvement, les roues à type et le fil barométrique placés dans leur position normale, les lettres et les chiffres indiqués ou tracés sur les roues, correspondront toujours à un temps déterminé et à une position déterminée de l'extrémité du fil ; à un certain temps, puisqu'elles marchent avec le mouvement de l'horloge ; à une certaine position de la pointe du fil, puisque ce fil chemine lui-même avec l'horloge. Durant les cinq minutes qui forment le cycle complet du mouvement utile des roues à type, l'extrémité du fil passe par tous les points de sa course sur une longueur d'un pouce et demi ; et, comme la roue la plus rapide présente 15 lettres par demi-minute, ou 150 en cinq minutes, 150 hauteurs de mercure peuvent être appréciées, ce qui correspond à des variations d'un centième de pouce. Pendant sa période d'ascension, le fil, comme nous l'avons déjà indiqué, abandonnera le mercure à un point ou à l'autre de sa course, et interrompra alors le circuit, fera tomber l'armature et rendra libre le rouage indépendant. A ce rouage est attaché un marteau *n*, fig. 3, situé immédiatement au-dessus des rayons indicateurs ; il frappe alors sur eux, et imprime leurs indications sur le cylindre *f* en double exemplaire, au moyen d'un papier multiple. Le cylindre *f* est monté sur un axe en vis spirale ; le mouvement d'horlogerie le fait tourner lentement, et monter à la fois le long de son axe ; de sorte que les observations successives sont imprimées en hélice sur la surface du cylindre.

Maintenant, puisque chaque rayon de la petite roue à type emploie deux secondes à arriver à sa place, il arriverait souvent que le fil quitterait le mercure pendant cet intervalle très-court, et il en résulterait une impression imparfaite et brouillée. Pour parer à cet inconvénient, M. Wheatstone a joint à son instrument une sorte d'appareil protecteur, par lequel le courant est retenu pendant un instant, après que le fil a quitté le mercure, toutes les fois que cela arrive pendant le changement de rayon de la roue-type. Cet appareil consiste dans un rhéotome G, fig. 2, que l'on ne voit pas, parce qu'il est placé der-

rière la plaque de l'horloge. C'est un cercle à 50 divisions, alternativement cuivre et ivoire, avec un index mobile. Si l'index est sur le métal, la communication est maintenue; s'il est sur l'ivoire, elle est rompue. La position de l'instrument est telle, que l'index doit toucher le métal quand le courant doit être maintenu; il fait une révolution par minute.

Tout le monde sait que l'armature n'est attirée qu'autant qu'elle est très-proche de l'aimant : pour réaliser cette condition, une petite roue *l*, fig. 2, est placée sous l'armature, et mise en rotation par le mouvement d'horlogerie; elle est munie d'un petit appendice pressant contre un petit levier, et relève ainsi graduellement l'armature en la rapprochant de l'aimant, pendant la minute inactive; la figure 2 montre cette roue à l'instant où, après avoir élevé l'armature à son maximum, elle l'abandonne à l'attraction de l'aimant, et passe outre pour laisser place à l'armature lorsqu'elle tombera au moment de l'observation.

Cette description amènerait à penser que chaque instrument météorologique exigerait des roues à types et un appareil à percussion séparés; mais un mécanisme bien simple a permis à M. Wheatstone d'enregistrer les indications de tous les instruments par le même appareil. E, fig. 2, pl. XXII, est un rhéotome ou interrupteur de courant, consistant en un cercle de dix secteurs en cuivre, isolés les uns des autres par dix secteurs en ivoire; chaque secteur a un petit appendice en cuivre, auquel sont attachés les fils conducteurs. Les fils du baromètre, du thermomètre et du psychromètre occupent trois de ces secteurs : deux restent prêts à recevoir les fils des deux autres instruments, les cinq autres sont en communication avec la plaque de cuivre de la pile; un index métallique complète le circuit, en faisant communiquer les secteurs de la droite avec ceux de la gauche. Cet index fait une révolution complète en une heure, et passe au-dessus de chaque division en six minutes : pendant les cinq minutes qui correspondent à l'ascension du fil, il passe sur les secteurs métalliques; et pendant la minute restante, correspondant à la descente du fil, il passe par-dessus la division en ivoire au secteur suivant. Comme maintenant chaque instrument est lié avec un secteur différent, et que chaque secteur est isolé, un seul des instruments est à la fois dans le circuit, de telle sorte que, quand l'observation barométrique est faite, l'index passe à la division suivante et amène, par exemple, le psychro-

mètre dans le circuit ; passant encore à un autre secteur, il introduit le thermomètre, etc.

La fig. 1, pl. XXII, montre les fils *h* et *i*, et les poulies qui amènent dans le circuit les deux derniers instruments ; leur course est de 5° à 95° ; l'échelle a une longueur plus grande que celle du baromètre ; les poulies, par conséquent, comme l'indique la figure, ont un diamètre plus grand : du reste, tout se reproduit de la même manière. On voit, par la description précédente, qu'on fait trois observations en dix-huit minutes, une du baromètre, l'autre du thermomètre et la troisième du psychromètre. L'instrument ne demande aucune attention, et fonctionne pendant une semaine ; pendant cet intervalle, il enregistre 1008 observations. L'immersion du fil dans le mercure l'élève un peu ; mais comme l'observation n'est faite qu'au moment où il le quitte, il n'y a pas d'erreur commise. Comme il n'est pas nécessaire que le circuit soit complété par du mercure, il y a peu d'instruments météorologiques auxquels ce mode d'enregistrement ne puisse s'appliquer. Il est inutile d'observer que la boîte qui contient les instruments doit être convenablement exposée.

## ANÉMOMÈTRE DE M. ABRIA.

M. Abria, professeur à la faculté de Bordeaux, a tout récemment construit un anémomètre dont les indications sont rendues permanentes par l'intervention d'un courant électrique.

La direction du vent s'obtient au moyen d'une girouette suffisamment sensible, qui, à l'aide d'un mécanisme convenable, fait tourner une roue verticale munie d'un crayon ; ce crayon laisse, sur une bande de papier mue, au-devant de lui, par un appareil d'horlogerie, une trace qui fait connaître la direction du vent correspondante à une heure déterminée.

Pour déterminer la vitesse, M. Abria emploie un anémomètre de M. Combes, disposé sur une girouette de manière que l'axe des ailettes ait la direction du vent. Cet instrument porte ordinairement deux roues dont l'une fait connaître le nombre de tours, et l'autre le nombre de centaines de tours effectués par l'axe des ailettes dans un temps déterminé ; de sorte que, pour avoir la vitesse moyenne du vent d'heure en heure, par exemple, il suffit de connaître le nombre total de tours effectués dans ce même temps par la seconde roue. Il est fa-

cile, en effet, d'en déduire le nombre de tours de l'axe des ailettes par seconde, et la vitesse correspondante s'obtient à l'aide de la formule propre à l'instrument.

La roue-compteur du nouvel anémomètre porte, perpendiculairement à son plan, une tige métallique qui, à chaque révolution, vient toucher un ressort également métallique. La girouette est en laiton, et est supportée par une tige de même métal ; mais le ressort est isolé de la girouette par une plaque d'ivoire, et porte un prolongement qui plonge constamment dans une cuvette annulaire, pleine de mercure, concentrique à la tige et isolée de celle-ci par un anneau d'ivoire. La tige et la cuvette communiquent avec les deux extrémités d'un élément voltaïque ; mais, dans le circuit, se trouve interposé le fil d'un électro-aimant dont le contact, maintenu par un ressort de force convenable, porte un crayon. La bande de papier sur laquelle s'imprime la direction du vent, circule entre les bases de l'électro-aimant et son contact. Il résulte de ces dispositions qu'à chaque révolution de la roue-compteur, le courant électrique s'établit, et le crayon marque un point sur la bande de papier. Il suffit de compter le nombre de points par heure pour en conclure la vitesse moyenne du vent dans le même intervalle.

## APPAREIL POUR LES OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES.

M. Bond a présenté récemment à Ipswich les dessins d'un appareil destiné à rendre les observations astronomiques plus faciles et plus rapides. Il se compose essentiellement d'un cylindre recouvert d'une feuille de papier, et faisant un tour par minute, en même temps qu'il s'avance le long de son axe : une petite plume ou un crayon appuie sur le papier à toutes les ruptures du courant et trace ainsi une série de points rangés en spirale. L'observateur a sous sa main le clavier interrupteur : à chaque fois que l'étoile passe derrière un des fils du micromètre de la lunette, il abaisse une touche avec son doigt et imprime un point sur le papier. La position du point fixe la minute et la seconde de l'observation.

M. Airy fait en ce moment l'application de cette méthode à l'Observatoire de Greenwich.

# QUATRIÈME SECTION.

## ÉTABLISSEMENTS, SERVICES, AVENIR ET LÉGISLATION DES LIGNES DE TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

---

## CHAPITRE PREMIER.

### Lignes télégraphiques établies.

---

### LIGNES D'ANGLETERRE.

M. Wheatstone avait répété au collége de France, en 1837 et 1840, ses curieuses expériences en présence d'un grand nombre de savants, sans que de si étonnants résultats eussent excité assez l'attention pour qu'on songeât immédiatement à les reproduire en grand. Il était décrété que l'Angleterre nous précéderait de toutes manières dans cette magnifique application des sciences, et que nous consentirions encore cette fois à nous laisser traîner tristement à la remorque d'une nation rivale. Nous nous étions résignés de si bon cœur à accepter d'elle la navigation à la vapeur inventée par nous, à copier servilement ses chemins de fer, nous avions même eu si bien le malheureux courage de nous laisser devancer par les plus petites nations; nous avions, en un mot, fait preuve d'une si effrayante inertie, que, s'il faut s'étonner de quelque chose, c'est que nous ayons enfin un télégraphe électrique.

Cette découverte admirable, qui fait disparaître les distances que l'excessive rapidité des voies de fer ne diminuait pas encore assez, a fait, au contraire, en Angleterre des progrès rapides, et les lignes de télégraphie électrique la sillonneront bientôt en tous sens. Bornées jusqu'ici aux chemins de fer, elles s'émanciperont sans trop de retard : les trois royaumes unis seront par elles comme concentrés en un seul point.

Le premier essai utile de télégraphie électrique a été fait sur le chemin de fer le Great-Western, de Londres à Slough sur une lon-

gueur de 25 kilomètres. Le second essai eut lieu en 1842 sur le plan incliné de Blackwall.

Le service de ce chemin de fer exceptionnel, qui n'est guère qu'un plan incliné, se fait par deux machines fixes. Chacune d'elles tire une corde à laquelle les convois sont attachés. Un convoi part tous les quarts d'heure des stations extrêmes, tandis qu'un ou deux wagons partent de chaque station intermédiaire, pendant douze ou treize heures de la journée ; chaque jour, de cette manière, soixante convois environ parcourent le chemin de fer dans les deux directions. Chaque wagon est attaché par une agrafe à la corde qui doit l'entraîner dans son mouvement, et qui passe au-dessous de lui ; si le gardien ou le surveillant avait négligé d'accrocher son wagon à la corde avant qu'elle commençât à se mouvoir, il ne pourrait plus y parvenir ensuite ; un grand danger deviendrait imminent. Par cela même que le moteur ou la machine fixe est à quatre milles du convoi qu'il doit entraîner, il en résulte une grande et terrible incertitude sur l'instant capital où il commence à exercer sa force de traction. Pour obvier à ce grave inconvénient et prévenir bien des accidents, on a organisé le long de ce chemin un système complet de communication télégraphique à l'aide duquel les personnes de chaque station savent la situation précise du convoi et des wagons à toutes les autres stations.

Il y a à la station de Minories une salle appelée salle du télégraphe où est placée debout une caisse large à peu près comme une caisse de piano. Dans le compartiment inférieur de cette boîte est une petite pile de Volta avec zinc, cuivre et acide étendu d'eau, formant la source motrice à cette extrémité du télégraphe ; au-dessus, et sur la face antérieure de la caisse se trouvent différents cadrans munis chacun d'un index ou aiguille. Chaque indicateur porte un petit manche qui, mû par un employé, met la pile en communication avec un petit aimant situé derrière l'aiguille, laquelle aussitôt est déviée à droite ou à gauche. A l'autre station extrême, ainsi qu'aux stations intermédiaires de Shadwell, Stepney, Limehouse, West-Indies-Docks et Poplar, sont d'autres appareils semblables aux premiers. Des fils de laiton enfermés dans des tubes de verre, et courant le long de la ligne, mettent en rapport tous ces appareils, de telle sorte que tous les index, déviés à la fois dans le même sens et de la même quantité, donnent à chaque station la même indication. Si donc avec l'emploi

d'un nombre suffisant d'index on convient d'un alphabet, on forme une table de signaux, ces signaux pourront être reproduits par les positions relatives des index.

Sur le côté de la boîte télégraphique et vers le haut, est suspendue une large carte contenant environ une centaine de phrases, d'instructions et de questions dont chacune est reproduite par la position particulière des aiguilles. Ainsi, deux mouvements des manches indicateurs transmettent les questions suivantes : Le convoi attendra-t-il le bateau à vapeur ? Le bateau à vapeur attendra-t-il le convoi? Combien de passagers? Combien de wagons ? etc., et une multitude d'autres relatives à l'état des machines, des cordes, des télégraphes, aux bateaux à vapeur qui partent de Blackwall ou qui y arrivent. Par cet échange de communication qui a lieu le long du jour, on obtient à la station de Londres tous les renseignements possibles sur ce qui se passe à Blackwall, et réciproquement, ainsi que dans les stations intermédiaires. Aussitôt que le chef de gare de chaque station a attaché les wagons à la corde, il en donne avis au mécanicien de celle des stations extrêmes vers laquelle le convoi s'avance, et celui-ci ne met la corde en mouvement que lorsqu'il a ainsi appris de toutes les stations que rien ne s'oppose à la progression du convoi.

On peut voir par ce qui précède que le télégraphe de M. Wheatstone, alors même qu'il était encore dans l'enfance, rendait des services éminents et fonctionnait d'une manière pleinement satisfaisante. Il fut employé sous sa première forme de télégraphe à aiguilles, et pendant un temps plus ou moins long, sur les chemins de fer du Great-Western, de Blackwall, de Manchester à Leeds, d'Edimbourg à Glascow, de Norwich à Yarmouth, de Dublin à Kingstown.

Nous citerons comme second exemple l'application du télégraphe perfectionné au plan incliné d'Aix-la-Chapelle. Le service de cette portion de chemin de fer ne demandait qu'un petit nombre de signaux, on pouvait se dispenser sans inconvénient aucun d'employer l'alphabet entier du télégraphe complet, et limiter l'appareil à six signaux élémentaires. On a donc écrit sur le cadran ces six caractères, M, S, C, T, B, + initiales des mots qui expriment en allemand *machine*, *corde*, *train*, *télégraphe*, etc. Le cadran avait huit pouces de diamètre, et les caractères étaient assez saillants pour qu'on pût les lire facilement à une grande distance : l'aiguille, qui devait être légère et conserver sa forme première, était de mica noirci. La

croix était destinée à indiquer l'état du repos de l'instrument ; il ne restait donc que cinq caractères utiles, lesquels combinés deux à deux donnaient vingt-cinq signaux, nombre amplement suffisant pour le service du plan incliné. On avait établi en règle invariable que chaque signal serait composé de deux lettres suivies de la croix. Dès lors, si le télégraphe venant à agir d'une manière irrégulière, la position finale de l'aiguille ou index marquait, non la croix, mais un autre caractère, ce seul fait indiquait que les signaux précédents avaient été fautifs. S'il arrivait donc, par conséquent, par un accident quelconque, que le signal reçu ne s'accordât pas avec le signal transmis, il ne pouvait en résulter aucune méprise, aucun malentendu, parce que chaque dépêche portait avec elle-même son contrôle ou la manifestation de l'erreur commise. L'instrument était muni d'un mécanisme très-simple à l'aide duquel on pouvait amener l'aiguille immédiatement devant une lettre quelconque sans lui faire parcourir tout le circuit. Comme il pouvait arriver qu'il fallût transmettre un signal permanent ou qui persistât jusqu'à ce qu'une personne vînt le regarder, on s'était réservé d'employer pour cet objet la simultanéité des cinq caractères élémentaires.

L'appareil, à chaque station, se composait d'un télégraphe, d'un réveil ou alarme, et d'un commutateur destiné à changer la direction des courants. On pouvait disposer le circuit de manière à atteindre divers buts sans qu'il fallût pour cela d'autres modifications qu'un changement dans la position des fils extrêmes et leur liaison avec le commutateur. Dans une certaine disposition, les télégraphes fonctionnaient tous simultanément dès que l'un des commutateurs était en action. On pouvait ainsi tout arranger de manière que l'instrument d'une station ne fonctionnât qu'autant qu'il était en communication directe avec l'appareil d'une autre station. Cette dernière disposition est en général préférable, parce que, par ce moyen, on se débarrasse d'une résistance inutile. Ce télégraphe, alors même qu'on eût employé toutes les lettres de l'alphabet, n'aurait exigé qu'un fil.

Aussitôt après la réussite des lignes télégraphiques du Great-Western et de Blackwall, l'impression fut donnée, et chaque mois amenait une nouvelle ligne : le mouvement toutefois s'accrut encore, quand la compagnie de télégraphie électrique fut organisée. Le progrès alors marcha à pas de géant.

De juin 1846 au 29 mai 1850 cette Compagnie a établi un nombre

considérable de stations de télégraphie électrique, avec 482 appareils à aiguille double, 86 appareils à aiguille simple, sur une longueur de 2,225 milles. Le capital de cette compagnie incorporée, ou constituée par acte du parlement, est de 600,000 livres sterling, divisé en six mille actions de 100 livres chacune; elle est autorisée à transmettre les dépêches qui lui seront apportées par les particuliers, sans faveur ou exception de personne, et au prix fixé par elle. Les dépêches demandées par le gouvernement doivent toujours avoir la préférence; elles doivent être expédiées sur-le-champ, d'après un tarif convenu entre la Compagnie et le comité des lords du conseil privé.

Le gouvernement se réserve d'exiger de la Compagnie qu'elle lui accorde à lui ou à toute personne se présentant en son nom, à un prix débattu, le droit d'établir telle ligne télégraphique qu'il jugera nécessaire, et même, dans le cas de nécessité publique, de s'emparer de toutes les lignes télégraphiques, de contrôler toutes les dépêches, de n'accepter et envoyer que celles qu'il voudra, etc. Chacun des principaux secrétaires d'État de Sa Majesté pourra prononcer que le cas de nécessité publique existe, et mettre le séquestre, mais pour une semaine seulement, sur les lignes télégraphiques; il prolongerait ensuite le séquestre de semaine en semaine, s'il le jugeait nécessaire. Bien entendu que la Compagnie, pendant le séquestre, recevra en dédommagement, du trésor public, une somme égale aux bénéfices qu'elle aurait pu réaliser, si elle était restée maîtresse du service de la ligne télégraphique.

La Compagnie de télégraphie électrique prend actuellement ses arrangements pour transmettre le temps vrai observé chaque jour à l'Observatoire royal de Greenwich, à chacune des stations des diverses lignes de chemins de fer sur lesquels la Compagnie a établi ses télégraphes, et de ces stations à toutes les grandes villes du royaume. Chaque jour à une heure après midi, on indique le temps vrai à Greenwich, en laissant tomber une balle du haut de l'Observatoire; ce signal télégraphique, reçu par l'amirauté, est transmis sur-le-champ à la flotte, et c'est ainsi que sur chaque vaisseau on règle les chronomètres. La Compagnie télégraphique fera en sorte que cette balle, en tombant, frappe un ressort en communication avec tous les fils conducteurs des télégraphes, et détermine un courant qui fera résonner les timbres de toutes les stations.

Nous empruntons au manuel de M. Walker la liste des lignes de

télégraphie électrique de l'Angleterre et le catalogue des stations installées par la Compagnie.

| Chemins de fer. | Longueur. | Fils. | Appareils. |
|---|---|---|---|
| *Edimbourg et Glascow.* | 47 1/2 | 5 | 8 |
| Ligne du tunnel. . . . . | 1 | 2 | 2 |
| *Edimbourg et Nord.* | | | |
| Embranchement de Dundee . . . . . | 36 | 3 | 6 |
| « de Perth . . . . . | 6 | 3 | |
| Edimbourg et Granton . . . . . | 3 | 3 | 3 |
| Ligne de Leith . . . . . | 1 1/2 | 3 | 3 |
| Ligne du tunnel. . . . . | 1 | 2 | 2 |
| *North british.* | 58 | 5 | 8 |
| Embranchement de Dalkeith. . . . . | 1 1/4 | 2 | 2 |
| « d'Haddington. . . . . | 5 | 2 | 2 |
| Ligne du tunnel . . . . . | 1 3/4 | 2 | 2 |
| *York, Newcastle et Berwick.* | | | |
| Newcastle à Berwick . . . . . | 65 1/2 | 5 | 7 |
| York à Darlington. . . . . | 45 | 7 | 15 |
| Darlington à Newcastle . . . . . | 38 1/2 | 8 | 14 |
| Embranchement de Shields. . . . . | 11 | 3 | 2 |
| « Sunderland . . . . . | 2 1/4 | 3 | 2 |
| « Durham . . . . . | 2 1/4 | 2 | 1 |
| « Richmond . . . . . | 9 | 2 | 1 |
| Fatfield et South Shields. . . . . | 19 | 1 | 4 |
| Embranchement de Stockton . . . . . | 1/2 | 1 | 2 |
| *York et North Midland.* | | | |
| Normanton à York . . . . . | 24 1/2 | | 5 |
| York à Scarborough. . . . . | 42 1/2 | 3 | 5 |
| Embranchement d'Harrogate. . . . . | 18 | 3 | 2 |
| Hull et Selby. . . . . | 36 | 5 | 5 |
| Hull et Bridlington . . . . . | 33 | 3 | 4 |
| Normanton à la jonction de Milford . . | 10 | 2 | 2 |
| Manchester et Leeds . . . . . | 51 | 7 | 24 |
| Preston et Wyre . . . . . | 20 | 3 | 4 |
| A reporter. . . . | 590 miles | 90 | 137 |

| Chemins de fer, | Longueur. | Fils. | Appareils. |
|---|---|---|---|
| Report. . . . | 590 | 90 | 137 |
| Liverpool et Southport . . . . . | 13 1/4 | 3 | 3 |
| *Lancashire Est.* . . . . . | 12 1/2 | 3 | |
| *Midland railway.* | | | |
| Birmingham et Gloucester. . . . . | 53 | 7 | 9 |
| Birmingham et Derby. . . . . | 6 1/2 | 7 | 6 |
| d° d° . . . . . | 34 3/4 | 5 | |
| Derby et Lincoln . . . . . | 48 3/4 | 3 | 4 |
| Derby et Rugby. . . . . | 24 1/2 | 7 | 7 |
| d° d° . . . . . | 24 3/4 | 5 | |
| Leicester et Peterborough. . . . . | 4 3/4 | 3 | |
| d° d° . . . . . | 23 | 5 | 11 |
| d° d° . . . . . | 25 1/4 | 7 | |
| Derby et Leeds. . . . . | 73 | 7 | 25 |
| Embranchement de Sheffield . . . . . | 5 | 3 | 2 |
| Leeds et Bradfort. . . . . | 11 | 6 | 5 |
| d° d° . . . . . | 2 3/4 | 3 | |
| d° d° ligne du tunnel . . . . | 1 1/2 | 2 | 2 |
| Embranchement Skipton . . . . . | 15 1/4 | 3 | 5 |
| *London and North-Western.* | | | |
| Londres à Birmingham . . . . . | 5 | 9 | 10 |
| d° d° . . . . . | 107 1/2 | 7 | |
| d° d° ligne du tunnel . . | 1 | 3 | 2 |
| d° d° Camd. plan incliné. | 1 1/4 | 6 | 6 |
| Jonction Ouest de Londres. . . . . | 1/2 | 2 | 4 |
| Birmingham et Manchester . . . . . | 80 | 7 | 7 |
| d° d° . . . . . | 5 | 8 | |
| Jonction d'Ardwick . . . . . | 3 1/4 | 8 | |
| Manchester et Liverpool. . . . . | 31 1/2 | 6 | 5 |
| d° d° ligne du tunnel. | 1 1/2 | 2 | 3 |
| *South-Devon* . . . . . | 53 | 4 | 10 |
| Embranchement de Torquay. . . . . | 4 | 3 | 2 |
| *Newmarket Railway.* . . . . | 17 | 5 | 4 |
| *Eastern Union.* . . . . . | 16 3/4 | 5 | 7 |
| d° ligne du tunnel . . . . | 2 3/4 | 2 | 3 |
| A reporter. . . | 1299 1/2 mil. | 247 | 279 |

| Chemins de fer. | Longueur. | Fils. | Appareils. |
|---|---|---|---|
| Report. . . | 1299 | 247 | 279 |
| *London and South-Western.* | | | |
| Londres à Southampton. . . . . | 74 | 4 | 4 |
| d° d° . . . . . | 6 | 6 | 2 |
| Embranchement de Portsmouth. . . . | 21 | 4 | 4 |
| « Gosport . . . . . | 5 | 4 | 1 |
| Southampton et Dorchester . . . . . | 61 | 3 | 7 |
| Embranchement de Poole. . . . . | 2 | 3 | 2 |
| *Eastern counties.* | | | |
| Londres à Brandon . . . . . | 88 1/4 | 7 | 40 |
| Londres à Stratfort. . . . . | 3 3/4 | 2 | 4 |
| Ligne de Brick-lane. . . . . | 1/2 | 2 | 3 |
| Embranchement d'Enfield. . . . . | 3 1/4 | 2 | 2 |
| « Hertford. . . . . | 7 | 3 | 3 |
| Cambridge et Saint-Ives. . . . . | 14 3/4 | 3 | 5 |
| Ely et Peterborough . . . . . | 30 | 5 | 7 |
| March et Wisbeach. . . . . | 9 | 3 | 2 |
| Londres et Colchester. . . . . | 51 1/4 | 5 | 13 |
| Forest-gate et Stratford . . . . . | 1 1/4 | 1 | 2 |
| Maldon et Braintree. . . . . | 12 | 3 | 3 |
| Stratford et jonction de la Tamise. . . | 2 3/4 | 3 | 2 |
| North Woolwich . . . . . | 2 3/4 | 3 | 2 |
| *Norfolk Railway.* | | | |
| Brandon à Norwich . . . . . | 37 3/4 | 7 | 19 |
| d° d° . . . . . | 10 1/4 | 1 | 7 |
| Norwich et Yarmouth. . . . . | 20 | 9 | |
| Embranchement de Lowestoft . . . . . | 12 | 5 | |
| « Dereham. . . . . | 12 | 3 | 2 |
| Dereham et Fakenham . . . . . | 12 1/4 | 2 | 2 |
| *North Staffordshire.* | | | |
| Stoke à Norton Bridge . . . . . | 10 3/4 | 3 | 3 |
| Embranchement de Colwich. . . . . | 18 3/4 | 2 | 2 |
| Stoke à Burton. . . . . | 29 1/2 | 3 | 5 |
| A reporter. . . | 1857 1/4 | 348 | 427 |

| Chemins de fer. | Longueur. | Fils. | Appareils. |
|---|---|---|---|
| Report. . . | 1857 1/4 | 348 | 427 |
| Stoke à Burton, dépôt . . . . . | 2/3 | 2 | 2 |
| *North Staffordshire* (*cont.*). | | | |
| Stoke à Crewe . . . . . | 14 1/2 | 3 | 4 |
| Harecastle, ligne du tunnel . . . . . | 1 | 2 | 2 |
| Embranchement de Macclesfield . . . . | 19 1/2 | 3 | 4 |
| Vallée de Churnet. . . . . | 27 | 2 | |
| *South Staffordshire* . . . . | 9 1/4 | 2 | 3 |
| d° d° . . . . . | 2 | 3 | 1 |
| *Northampton and Peterborough.* | 47 | 3 | 10 |
| d° Prolongement à Wolverton. | 10 1/2 | 4 | 2 |
| Londres et Croydon . . . . . | 8 | 3 | 4 |
| Great Western . . . . . | 19 | 4 | 2 |
| Lignes des rues de Londres . . . . . | | variable. | 10 |
| Manchester et Sheffield . . . . . | 2 | 3 | 3 |
| d° Ligne du tunnel de Woodhead. | 3 1/4 | 3 | 2 |
| Ambergate, Matlock et Buxton . . . . | 11 1/2 | 2 | 3 |
| Londres et Blackwall . . . . . | 3 1/2 | | |
| Ligne de Caldon-Low Quarry . . . . . | 3 1/4 | 1 | 4 |
| Mines de charbon de Moira. . . . . | 1/2 | 2 | 2 |
| Maryport et Whitehaven. . . . . | 1/2 | 4 | 4 |
| Ligne de la compagnie des mines de fer de Butterley . . . . . | 2 1/2 | 1 | 2 |
| *South-Eastern.* | | | |
| Londres à Douvres . . . . . | 88 | | 29 |
| d° à Rochester. . . . . | 31 | 4 | 18 |
| d° à Bricklayers'Arms . . . . . | 4 | 2 | 2 |
| Tunbridge à Tunbridge Wells. . . . . | 5 | 3 | 6 |
| d° à Hastings-Road . . . . . | 1 | 2 | 2 |
| d° au Laboratoire. . . . . | | 1 | 2 |
| Paddock-Wood à Maidstone. . . . . | 10 | 3 | 5 |
| Ashford à Ramsgate. . . . . | 30 | 3 | 5 |
| Minster à Deal . . . . . | 9 | 3 | 6 |
| Ramsgate à Margate . . . . . | 4 | 3 | 2 |
| TOTAL . . | 2225 2/3 | 419 | 568 |

*Liste des stations de télégraphes.*

Abbey-Wood.
Alnwick.
Ambergate.
Ashford.
Barnsley.
Berwick-on-Tweed.
Beverley.
Birmingham.
Bishopstoke.
Blackheath.
Bradford.
Bridlington.
Broxbourne.
Burton-on-Trent.
Cambridge.
Canterbury.
Charlton.
Chelmsford.
Cheltenham.
Chesterfield.
Chilham.
Colchester.
Darlington.
Dartford.
Deal.
Derby.
Douvres.
Dunbar.
Durham.
Edenbridge.
Edimbourg.
Ely.
Erith.
Farleigh.
Folkstone.
Glasgow.
Gloucester.
Godstone
Gospord.
Graveshend.
Greenhithe.
Halifax.
Headcorn.
Hertford.
Hull.
Hythe.
Ipswich.
Leeds.
Leicester.
Leith.
Lewisham.
Lincoln.
Liverpool.
Londres.
Loughborough.
Lowestoffe.
Maidstone.
Malton.
Manchester.
March.
Marden
Margate.
Melton.
Merstham.
Minster.
Morpeth.
Newark.
Newcaste.
Newmarket.
Norwich.
Normanton.
Northallerton.
Northfleet.
Nottingham.
Paddock Wood.
Penshurst.
Peterborough.
Pluckley.
Ramsgate.
Reigate.
Rochester.
Rochdale.
Romford.
Rotherham.
Rugby.
Sandwich.
Scarborough.
Selby.
Scheffield.
Skipton.
Slough.
Southampton.
South Shields.
Staplehurst.
Stamford.
Saint-Ives.
Stortford.
Sunderland.
Tamworth.
Tetford.
Thirsk.
Todmorden.
Tonbridge.
Tunbridge Wells.
Wakefield.

Ware. Witham. Yarmouth.
Wateringbury. Woolwich. York.
Wisbeach. Worcester.

*Bureau central des télégraphes électriques à Londres.*

Quand on passe dans la rue de Lothbury dans la cité de Londres, on remarque, vis-à-vis du mur d'enceinte de la Banque, une petite main noire, dont l'index est dirigé vers une entrée voisine, et sous laquelle sont écrits ces mots : *Station centrale du télégraphe électrique.* Cette station, qui, du reste, s'annonce encore par une enseigne très-convenable, son horloge électrique, se trouve au fond de l'entrée indiquée.

Si l'on pénètre dans cet établissement, on voit d'abord une belle salle de cinquante deux pieds de long sur trente-deux de large et quarante-cinq de haut, recevant le jour par un plafond vitré. A gauche sont les bureaux du secrétaire et du caissier. Le côté droit est divisé, au moyen de rideaux verts, en six parties, pourvues chacune d'un pupitre avec tout ce qui est nécessaire pour écrire. C'est là que se placent tour à tour les nombreux correspondants des deux sexes qui ont recours à la voie électrique. Chaque dépêche doit être écrite sur une feuille de papier à lettre dont la moitié à peu près est occupée par un formulaire imprimé, laissant l'espace nécessaire pour les noms et les adresses des deux correspondants, pour le coût de la correspondance, pour le jour et l'heure de la réception de la dépêche, ainsi que pour le commencement et la fin de l'expédition télégraphique.

Ce formulaire ne laisse guère de place pour la correspondance elle-même; mais les frais suffiraient pour engager les correspondants à faire leurs dépêches le plus court possible. On a remarqué d'ailleurs, que, sous l'influence galvanique de l'établissement, les correspondants semblent acquérir la capacité d'exprimer d'une manière nette et concise des choses que, partout ailleurs, ils auraient longuement développées.

Dès qu'une correspondance est écrite, le secrétaire l'introduit par un guichet dans le *bureau d'inscription*, où un employé en prend note, y insère les mentions requises, la met dans une petite boîte et tire le cordon d'une sonnette. A ce signal, la boîte passe par un conduit en bois à l'étage supérieur, où elle livre son contenu dans le *dépar-*

*tement des appareils,* local fort simple, qui ne renferme pas autre chose que huit petits instruments télégraphiques, servis par quatre ou cinq jeunes garçons de 14 à 15 ans. Chaque appareil porte sur son cadran les noms des six ou huit stations avec lesquelles il communique.

Quand les correspondances abondent, il faut un employé pour chaque instrument; ordinairement, un enfant suffit pour faire cheminer trois appareils; mais le service devant se faire de nuit aussi bien que de jour sans interruption, le personnel change de huit en huit heures.

Un employé du département des appareils reçoit chaque correspondance à mesure qu'elle arrive au bureau d'inscription et la remet à l'instrument qui doit l'expédier. Alors l'enfant qui sert cet instrument le met en jeu. On expédie ainsi un mot en trois secondes, vingt en une minute, ce qui revient à cent lettres au moins par minute.

Pendant qu'un petit garçon est occupé de l'expédition d'une dépêche, son voisin en déchiffre une autre et dicte à un aide assis à côté de lui les mots qu'il lit sur son cadran. *Cette lecture se fait aussi vite qu'il est possible d'écrire.* Quand la dépêche est déchiffrée, on l'envoie en bas dans le bureau d'inscription par le moyen ci-dessus indiqué. Là, elle est transcrite, puis expédiée au lieu de sa destination par un messager ou par un cabriolet, suivant la distance.

Il y a peu de temps, une personne vint au bureau des télégraphes désirant envoyer une question importante à Edimbourg, où un ami devait se tenir prêt à la recevoir et à lui expédier la réponse. Avant que cinq minutes se fussent écoulées, cette personne s'en retourna tranquillisée par la nouvelle qu'elle avait reçue. Il est à remarquer que ce temps avait été presque entièrement employé à écrire la correspondance. L'allée et la venue par le télégraphe n'avaient pris ensemble que la 350e partie d'une seconde! Les caractères transmis par le télégraphe avaient parcouru, pendant ce laps de temps insaisissable, 340 lieues!

## LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES DE L'AMÉRIQUE.

La télégraphie électrique n'a étendu nulle part son mystérieux réseau avec autant de rapidité et de succès que dans les États-Unis de l'Amérique du Nord; nulle part aussi on n'a conçu aussi promptement et l'on n'a exécuté avec un si admirable transport la pensée

heureuse de mettre le commerce et l'industrie privée en possession de ce tout-puissant moyen de communication.

La première ligne télégraphique américaine fut établie en mai 1844, entre Washington et Baltimore, sur une longueur de 40 milles. Elle transmit avec tant de célérité et de promptitude les nouvelles relatives à l'élection des candidats à la présidence, que tous proclamèrent, d'une voix unanime, l'excellence et l'importance immense de ces messages prompts comme la foudre ; et l'on vit aussitôt se former, sur tout le territoire de l'Union, des compagnies particulières avec l'intention forte de faire participer le pays tout entier au bienfait inattendu de la télégraphie électrique. La ligne de Washington à Baltimore fut aussitôt prolongée jusqu'à Philadelphie et New-York, sur une étendue de 250 milles ; elle atteignit Boston en 1845, et devint la grande ligne du Nord sur laquelle s'embranchèrent deux autres vastes lignes : l'une, longue de 1,000 milles, de Philadelphie à Harrisbury, Lancaster, Pitsburg, Ohio, Colombo, Cincinnati, Louis-Ville (Kentucky), et Saint-Louis (Missouri) ; l'autre, longue de 1,300 milles, de New-York à Albany, Troy, Uttica, Rochester, Buffalo, Éric, Cleveland (Ohio), Chicaga (Illinois), Milwankie (Wisconsin).

Une quatrième ligne va de Buffalo à Lockport, Queenstown, les lacs d'Ontario et d'Érie, les cataractes du Niagara, Toronto, Kingstown, Montréal, Quebeck, Halifax et l'océan Atlantique, sur un parcours de 1,395 milles, près de 465 lieues.

Deux lignes sud, enfin, vont, l'une de Colombo à la Nouvelle-Orléans, par Cincinnati ; l'autre, de Washington à la Nouvelle-Orléans, par Friederichsburg, Charleston, Savannah et Mobile ; la première est longue de 1,200 milles, la seconde de 1,122 milles. Voici, au reste, le catalogue exact au mois de juillet 1849 :

| | |
|---|---|
| 1. De Washington à la Nouvelle-Orléans, par Richmond. . | 1716 |
| 2. De Washington à New-York, par Baltimore et Philadelphie. . . . . | 245 |
| 3. De Washington à New-York, par Frederik (Maryland). | 45 |
| 4. De Harpers-Ferry à Vinchester (Virginie). . . . . | 32 |
| 5. De Baltimore, par Pitsburg et Wheeling, à Cumberland. | 324 |
| 6. De Baltimore à Harrisburg, par York. . . . . | 72 |
| 7. De York à Lancaster, par Colombo. . . . . | 22 |
| A reporter. . . . . | 2456 |

| | |
|---|---|
| Report. . . . . | 2456 |
| 8. De Philadelphie à Levistown (Delawarre). . . . . | 12 |
| 9. De Philadelphie à New-York. . . . . | 120 |
| 10. De Philadelphie à Pittsburg, par Harrisburg. . . . . | 309 |
| 11. De Philadelphie à Pottsville, par Reading. . . . . | 98 |
| 12. De Reading à Harrisburg. . . . . | 51 |
| 13. De New-York à Boston, par Newhaven et Springfield. | 240 |
| 14. De New-York à Buffalo, par Troy et Albany. . . . . | 500 |
| 15. De New-York à Fredonia (sur le lac Érie), Newburg, Owégon, etc. . . . . | 450 |
| 16. De Bridgeport (Connecticut) à Bennington, par Pittsfield. | 150 |
| 17. De Boston à Newburyport, par Saleno. . . . . | 34 |
| 18. De Boston à Portland, par Dover. . . . . | 110 |
| 19. De Vorcester à Newbedfort, par Providence. . . . . | 97 |
| 20. De Vorcester à New-London, par Norwich. . . . . | 74 |
| 21. De Portland à Calais (Maine). . . . . | 260 |
| 22. De Calais à Saint-John (New-Brunswick). . . . . | 75 |
| 23. De Troy à Whitehall, par Salem. . . . . | 72 |
| 24. De Troy à Montréal (Canada), par Rutland et Burlington. | 278 |
| 25. De Syracuse à Oswego (New-York). . . . . | 38 |
| 26. De Auburn à Elmira, par Ithaca. . . . . | 75 |
| 27. De Binghampton à Ithaca, par Owega. . . . . | 48 |
| 28. De Buffalo à Queenstown (Canada), par Lockport. . . | 48 |
| 29. De Buffalo à Milwankie (Wisconsin), par Érie, détroit Chicaga . . . . . | 812 |
| 30. De Queenstown à Montréal, par Toronto et Kingston. | 466 |
| 31. De Montréal à Quebec (Canada).. . . . . | 180 |
| 32. De Cleveland à Pittsburg, par Alkom (Ohio). . . . . | 150 |
| 33. De Pittsburg à Cincinnati, par Colombo. . . . . | 310 |
| 34. De Pittsburg à Columbia (Tenessee), par Wheeling. . | 680 |
| 35. De Columbia à Memphis (Tenessee). . . . . | 205 |
| 36. De Columbia à la Nouvelle-Orléans, par Tusorembia et Natchez. . . . . | 638 |
| 37. De la Nouvelle-Orléans à Balise, embouchure du Mississipi. . . . . | 90 |
| 38. Colombo à Chillicote (Ohio). . . . . | 45 |
| A reporter. . . . . | 9005 |

| | |
|---|---|
| Report. . . . . | 9005 |
| 39. De Cincinnati à Maysville, par Riplay. . . . . | 60 |
| 40. De Cincinnati à Saint-Louis, par Vincennes. . . . . | 410 |
| 41. De Saint-Louis à Chicaga, par Alton. . . . . | 330 |
| 42. De Alton à Galena, par Quincy. . . . . | 380 |
| 43. De Quebek à Halifax. . . . . | 700 |
| Total. . . . . | 10885 |

Le 14 octobre 1849, se tint à Saint-Louis une réunion de députés des différents états le l'Amérique du Nord, et il y fut sérieusement question de construire un chemin de fer qui irait du lac Michigan, en communication avec New-York par des bateaux à vapeur, jusqu'en Californie et jusqu'à la mer Pacifique; et un comité fut chargé par cette réunion de demander au congrès l'érection d'une ligne télégraphique sur le parcours de ce chemin de fer; de telle sorte que Saint-Louis fut en correspondance directe avec San-Francisco à travers une distance de 500 milles. Les dépenses que devait entraîner l'établissement de cette ligne étaient évaluées à 375,000 dollars, environ deux millions de francs ; ce qui ne fait que 3,000 francs par kilomètre, chemin de fer et télégraphe compris. Ce prix si minime ne peut s'expliquer que par la simplicité et la promptitude d'exécution d'une ligne télégraphique en Amérique. Voici comment le travail s'effectue : des poteaux, longs de vingt pieds, sont coupés dans les forêts et transportés sur place par les fermiers du voisinage ; on les enfouit dans des trous d'un pied et demi de profondeur, on fixe à quelque distance du sommet des isolateurs ou anneaux de verre, sur lesquels pose le fil conducteur. Il suffit de quelques jours pour voir s'élever ainsi par enchantement une longue ligne de poteaux. La surveillance et la garde des poteaux et du fil sont confiées à ces mêmes fermiers, tous pourvus des petits instruments qu'exige un travail si facile : un marteau, un ciseau, un étau, des tenailles, des vis, des anneaux et des clous.

Les lignes télégraphiques suivent ordinairement les routes de poste, et leur entretien ne coûte absolument rien; il est sans exemple que les fils, livrés au bon sens public, aient été brisés par méchanceté. C'est qu'en Amérique toutes les volontés concourent d'ensemble au bien-être public, et que là toute invention utile est comme un bien de famille que tous veulent sauvegarder. Chaque fermier concourt au moins par son apport de matériaux et de travail, sinon par sa bourse,

à toutes les entreprises nationales ; chacun devient ainsi actionnaire et intéressé à la voir prospérer.

Les frais d'installation des télégraphes électriques sont naturellement différents dans les différentes contrées des États-Unis. Dans l'Ouest, où les matériaux et le travail coûtent beaucoup, la ligne télégraphique revient à 750 francs par mille anglais; dans l'Est, les matériaux ne coûtent presque rien, mais la main d'œuvre est très-chère, le prix s'élève à 810 francs.

L'appareil généralement adopté en Amérique est celui de Morse; comme nous l'avons vu, cependant, le télégraphe imprimant de M. Bain fait, sur certaines lignes, un admirable service. Les fils conducteurs sont quelquefois en cuivre et du poids de 100 livres par mille ; quelquefois en fer et du poids de 250 livres par mille.

## LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES DE L'ALLEMAGNE.

A l'Allemagne, comme nous l'avons rappelé ailleurs, appartient la gloire d'avoir établi les premières correspondances de télégraphie électrique; ce fut, il est vrai, sur de très-petites lignes qui unissaient l'intérieur des villes de Goettingue et de Munich avec les observatoires de M. Gauss d'une part, et de M. Steinheil de l'autre; mais c'était réellement la solution au moins ébauchée du grand problème.

Dès le commencement de 1842, M. Wheatstone avait importé à Berlin deux de ses télégraphes, et ils fonctionnèrent à travers un simple fil métallique porté par deux poteaux.

La première grande ligne allemande, de Mayence à Francfort, fut intallée par M. Fardely, ingénieur de Manheim. Cet essai éveilla l'attention du gouvernement prussien, qui lia par le télégraphe électrique le palais de Berlin avec celui de Potsdam. Nous avons déjà vu que le réseau des télégraphes électriques de la Prusse embrasse une longueur de 600 lieues, et il s'étend encore chaque jour. Voici la liste des principales lignes en juin 1850 :

1° De Berlin à Francfort, 180 lieues.

2° De Berlin par Cologne à Aix-la-Chapelle, par Potsdam, Magdebourg, Ochsers-Leben, Brunswick, Hanovre, Minden, Hamm, Dusseldorf, Deutz, Cologne et Aix-la-Chapelle, 190 lieues.

3° De Dusseldorf à Elberfeld, 8 lieues.

4° De Berlin à Hambourg, par Wittenberge, Haguenau, Hambourg, 76 lieues.

5° De Berlin à Stettin, 36 lieues.

6° De Berlin à Oderberg (ville frontière de l'Autriche), par Francfort, Liegnitz, Breslau, Oppeln, Kosel, Ratibor et Oderberg, 144 lieues.

7° De Halle à Leipzig, et de Leipzig à Berlin et Francfort, 200 lieues.

8° De Berlin à Kœnigsberg, communiquant avec Stettin et Swine-Munde.

L'Autriche est en possession des lignes suivantes :

1° De Vienne à Prague, par Olmutz, 122 lieues.

2° De Vienne à Brünn, par Prague, 108 lieues.

3° De Vienne à Presbourg, 18 lieues.

4° De Vienne à Oderberg, par Prérau, 75 lieues.

5° De Vienne à Trieste, par Bruck, Cilli et Laybach, 146 lieues.

6° De Vienne à Salzbourg, par Linz, et communiquant avec les lignes télégraphiques de Bavière, 80 lieues.

7° De Prague aux frontières de Saxe, et des frontières à Dresde.

8° D'Oderberg à Cracovie; de Salzbourg à Inspruck; d'Inspruck à Bregenz; d'Inspruck à Botsen; de Steenbruck à Agram.

Les lignes établies en Saxe sont :

1° De Leipzig à Hof, 48 lieues.

2° De Leipzig à Dresde, 32 lieues.

3° De Dresde à Kœnigstein, 8 lieues.

4° De Dresde aux frontières de la Bohême, 14 lieues.

5° De Dresde à Hof, 48 lieues.

Les lignes de Bavière sont :

1° De Munich à Salzbourg, 38 lieues.

2° De Munich à Augsbourg, 16 lieues.

3° D'Augsbourg à Hof, par Nuremberg et Bamberg, 100 lieues.

4° De Bamberg à Francfort, par Wurzbourg et Aschaffenbourg, 64 lieues.

L'Allemagne a encore quelques autres lignes : celles de Manheim à Basle, d'Aix-la-Chapelle aux frontières de la Belgique; de Hambourg à Cuxhaven, 40 lieues; et de Brêmes à Bremerhaven.

Toutes les lignes télégraphiques de l'Allemagne sont livrées au public.

Nous empruntons à un intéressant mémoire, que M. Steinheil a publié sous ce titre : *Description et comparaison des télé-*

*graphes d'Allemagne*, *avril* 1849, quelques détails importants qu'on sera bien aise de retrouver ici.

*Ligne de Stuttgard à Eslingen*, 2 avril 1849. — Elle a été établie par le mécanicien Geiger, sous la direction de M. Knapp. Le fil conducteur est un fil de cuivre : 70 pieds pèsent une livre de Wurtemberg, il coûte environ 3 fr. 60 centimes le kilogramme; la communication avec le sol est établie par des plaques de cuivre de quatre pieds carrés; les poteaux sont, en général, élevés de dix pieds au-dessus du sol, et distants de cent à cent vingt pieds; le sommet du poteau est entaillé et porte un tube fendu en caoutchouc dans lequel passe le fil : le tout est couvert d'un petit toit en fer-blanc. Les bouts des fils sont réunis par torsion et soudés à l'étain; l'isolement est très-imparfait. La glace dans les tunnels et le passage sur les ponts dérivent souvent le courant. Le parcours, de Stuttgard à Cronstadt, par Unterdurkheim et Eslingen, est long de quatre lieues. L'appareil télégraphique est celui de Geiger : un double appareil, avec alarme ou carillon, coûte 170 florins; la pile est une pile de Daniel, de six éléments, de douze pouces de hauteur et de quatre pouces de diamètre; chaque pile dure trois semaines. Quelquefois l'électro-aimant ne fonctionne pas, et l'aiguille revient à 0; quelquefois l'indicateur s'arrête sur la lettre D.

*Ligne de Carlsruhe à Durlach, et de Heidelberg à Manheim*, avril 1849. — Elle a été établie par le conseiller aulique Eisenlohr. Le fil conducteur est un fil de fer galvanisé, de deux lignes de diamètre; les bouts des fils, pliés en O, sont appliqués l'un contre l'autre, recouverts de fil et pressés par une vis à tête carrée avec écrou, et, de plus, soudés à l'étain. De Carlsruhe à Durlach, les poteaux sont distants de quatre cents pieds, leur distance est de cinq cents pieds entre Manheim et Heidelberg : ces distances sont trop grandes, aussi le fil s'est brisé plusieurs fois pendant l'hiver. L'isolement s'opère par de doubles cônes en faïence, recouverts d'un toit en bois. De sept en sept poteaux il y a un appareil tendeur; les stations sont munies de parafoudre à plaques; les fils, sur chaque espace d'une lieue, sont encore soutenus par trois rouleaux de bois enfermés dans des boîtes; et de chaque rouleau part un fil qui va à la terre pour donner écoulement à l'électricité atmosphérique. La communication avec la terre est établie par des plaques de cuivre de six pieds carrés. Les appareils télégraphiques sont analogues à ceux de Wheat-

stone; l'aiguille, seulement, est remplacée par une feuille d'or suspendue entre les pôles d'une pile à tension, et qui se meut tantôt à droite, tantôt à gauche. Le carillon a deux timbres; le courant met en mouvement, à volonté, l'indicateur à feuilles d'or, ou les marteaux des timbres. On peut transmettre deux signaux par seconde, mais ce mode de transmission exige, de la part de l'opérateur, une grande attention. La pile employée jusqu'ici est une pile de Daniel; on compte, pour chaque lieue, trois éléments de quatre pouces carrés de surface. M. Eisenlohr s'est aussi très-bien trouvé d'une pile zinc et cuivre : la cellule occupée par le cuivre était remplie d'eau acidulée avec 5 pour cent d'acide; le sac renfermant le zinc contenait une solution de tartrate de potasse; elle fonctionnait sans perte sensible pendant 56 jours, quoique le courant fût établi pendant 15 ou même 30 minutes.

*Ligne de Francfort à Castel et Wiesbaden.* — Elle a été établie par l'ingénieur Fardely, avec collaboration du directeur Beil. Le fil conducteur est en cuivre; 7,500 mètres de fil pèsent environ 165 kilogrammes, ce qui suppose trois quarts de millimètre de diamètre environ. La longueur totale du fil est d'environ huit lieues; il communique avec la terre par des plaques de cuivre. Les poteaux sont distants de 40 mètres et hauts de douze à dix-huit pieds. Le fil est simplement posé dans une échancrure faite au sommet et défendu de la pluie par un toit en fer-blanc. L'appareil télégraphique est le télégraphe à cadran de Wheatstone, modifié par M. Fardely; il se compose de deux cadrans placés à côté l'un de l'autre : on tourne le cadran de droite jusqu'à ce que la lettre voulue se trouve en face d'un indicateur fixe placé en bas; alors l'indicateur du cadran de gauche va de lettre en lettre jusqu'à la lettre indiquée; ce même effet se produit en même temps sur le cadran gauche de la station éloignée. Cette disposition n'est pas sans inconvénients; il faut assez souvent ramener l'indicateur gauche à zéro. La pile des stations extrêmes est une pile de dix-huit éléments; celles des stations intermédiaires n'ont que six éléments. La plaque de zinc amalgamée a cinq pouces de haut et un pouce de large, elle plonge dans une dissolution d'acide sulfurique; la plaque de cuivre a quatre pouces de haut sur deux de large, elle plonge dans une solution de sulfate de cuivre alunisé; elle fonctionne pendant quatre ou six semaines; le courant circule sans cesse. La ligne télégraphique coûte environ 1,000 francs par lieue; chaque appareil revient à

250 francs. Il marche seul pendant les orages et il faut alors s'arrêter. M. Steinheil trouve très-imparfait et très-dangereux le parafoudre de M. Fardely, analogue à celui de M. Bréguet.

*Ligne de Hambourg à Cuxhaven.* — La partie matérielle de cette ligne a été établie par M. Robinson, de New-York, sous la surveillance de l'inspecteur Gerke. Le fil est en fer galvanisé; dans son passage à travers la ville il est enfoui dans le sol, après avoir été revêtu de gutta-percha et renfermé dans des tubes en fer forgé de 5/8es de pouce de diamètre intérieur, venant d'Angleterre et coûtant 17 livres sterling huit schellings les cent pieds; on a mis, par précaution, deux fils dans chaque tube; des ouvertures ménagées à quelques centaines de pas les unes des autres permettent de visiter le fil et de le réparer; il a été assez mal enduit à l'origine, et l'isolement laissait beaucoup à désirer. Le fil passe au-dessus de la vallée, enfermé dans des tubes de fonte semblables soutenus par des poteaux hauts de quarante pieds. La longueur entière du fil souterrain est d'environ quatre mille pieds. Le fil galvanisé du reste de la ligne coûte environ 52 francs le rouleau de 1,600 pieds. On l'isole en le faisant porter sur des cloches de verre. Le passage par-dessus l'Elbe se fait sur quatre mâts hauts de 160 pieds, et par trois longueurs de fils de 1,000, 800 et 700 pieds. La longueur totale du chemin est de trente-six lieues. L'appareil télégraphique est l'appareil de Morse avec relais; les piles sont des piles de Daniel de sept éléments pour les stations extrêmes, et des piles de Grove de trois éléments pour le service des appareils des stations. La hauteur moyenne des poteaux est de vingt-trois pieds, leur distance de cent cinquante pieds, leur enfoncement dans la terre de cinq pieds; ils sont charbonnés sur une hauteur d'environ six pieds. Cent cloches de verre vert coûtent trente francs. La traversée de l'Elbe a coûté douze mille francs, la ligne totale cent dix mille francs, ou quinze cents francs à peu près par lieue. La concurrence d'un télégraphe optique nuit beaucoup au développement de cette ligne; elle commence cependant à faire ses frais. Le fil suit d'abord les rues, puis les routes de la campagne et passe souvent même au-dessus des champs; on n'a pas constitué de gardiens spéciaux, aussi les communications ont été quelquefois interrompues par la malveillance; les mâts des grands navires ont brisé quelquefois les fils qui croisent la rivière.

Chaque appareil de Morse, construit en Allemagne, coûte quatre

cents francs. Les piles sont des piles de Daniel de sept éléments, hautes de cinq pouces, et de quatre pouces de diamètre extérieur; chaque élément dure huit jours. On emploie aussi des piles de Grove, très-incommodes par l'acide nitreux qu'elles dégagent.

*Lignes télégraphiques partant de Berlin.* — La ligne de Berlin à Francfort a 174 lieues de longueur. Jusqu'à Eisenach, c'est-à-dire tant que le chemin de fer existe, le fil conducteur est enfoui en terre; d'Eisenach à Francfort, il est provisoirement suspendu sur des poteaux.

La ligne de Berlin à Cologne, par Hanovre, est très-importante. Le fil conducteur est souterrain jusqu'à Hanovre, et est soutenu par des poteaux de Hanovre à Deutz. De Deutz jusqu'à Cologne on a placé trois fils dans des tubes en fer, reposant et fixés sur le fond du Rhin.

Une autre ligne enfin va de Berlin à Vienne par Hambourg et Breslaw; le fil conducteur sera souterrain sur toute sa longueur.

Le fil de cuivre employé comme conducteur souterrain pèse quatre quintaux et demi de Prusse par mille d'Allemagne, 24,000 pieds; l'enveloppe, de gutta-percha vulcanisée, pèse autant que le fil lui-même. L'enfouissement, le déblai, le remblai et la compression du terrain se font à forfait, et coûtent de 15 à 25 centimes la toise; ce qui fait environ 200 thalers par mille de longueur. Il en résulte que l'établissement d'une ligne télégraphique souterraine sur un chemin de fer, abstraction faite des appareils et du salaire des employés, coûte à peu près 500 francs par kilomètre.

Le fil en cuivre des conducteurs aériens pèse, par mille, six quintaux et demi, et coûte 1,176 francs par mille; les poteaux qui les soutiennent sont au nombre de trois cents par mille et séparés par une distance d'environ quatre-vingts pieds; ils ont dix-neuf, vingt-quatre ou trente pieds de haut, trois pouces d'épaisseur au sommet; ils sont charbonnés à la partie inférieure et enfoncés en terre de quatre à cinq pieds; leur prix est suivant la hauteur, de 5, 6 ou 7 francs, ce qui fait par mille, en moyenne, 407 francs. Chaque poteau porte, à son sommet, un support en fer fixé par deux vis en bois, et un anneau de fer d'un demi-pouce; chaque support, le masticage compris, coûte 2 fr. 50 centimes; il est surmonté d'un chapiteau en porcelaine qui coûte, en moyenne, 50 centimes, ce qui fait par mille à peu près 130 francs. La pose en terre des poteaux coûte 74 francs. En résumé, la ligne aérienne, tout compris, coûte 528 thalers par mille, ou, en nombre

rond, 250 par kilomètre, c'est-à-dire moitié moins que la ligne souterraine.

L'appareil employé presque exclusivement sur les lignes de Prusse est l'appareil de Siemens et Halske; le gouvernement le paye 200 thalers ou 740 francs. L'indicateur fait vingt tours par minute; et, pour transmettre le discours du trône du roi de Prusse, il fallut employer sept heures entières. Cette même dépêche fut transmise deux fois : par le télégraphe de Morse d'abord en une heure quinze minutes, puis en une heure dix minutes; c'est-à-dire avec une vitesse presque sept fois plus grande. La pile des stations est une pile de Daniel, de quinze éléments placés dans des verres à boire ordinaires. Les cellules, en porcelaine, sont hautes de quatre pouces, larges d'un pouce et demi; la lame de cuivre, de huit pouces carrés, plonge dans du sulfate de cuivre, et on la soude au zinc; la lame de zinc, de six pouces carrés, plonge dans l'acide sulfurique étendu; chaque élément coûte 1 franc 20 centimes. Une de ces piles suffit en général au service d'une longueur de huit milles allemands, 64 kilomètres; on les nettoie et on les renouvelle tous les jours. L'alarme ou réveil de Halske coûte 160 francs.

*Lignes télégraphiques partant de Vienne.* — L'Autriche est en possession de trois grandes lignes de télégraphes électriques : de Vienne à Trieste, de Vienne à Prague, et de Prague à Presbourg; elles ont été établies sous la direction du conseiller d'État Baumgartner. Deux de ces lignes n'ont qu'un seul fil en cuivre porté par des poteaux; mais il est décidé qu'on ajoutera un second fil. Les appareils sont, comme nous l'avons déjà dit, le télégraphe à aiguille de M. Bain, modifié par MM. Baumgartner et Ekling; il donne en moyenne trente signaux par minute; il ne coûte qu'environ 250 francs.

Les trois lignes aboutissent au ministère du commerce; chacune est munie de deux télégraphes, avec deux opérateurs, dont l'un reçoit et l'autre transmet les dépêches. La ligne de Vienne à Prague est longue de cent vingt lieues; celle de Presbourg n'a que vingt lieues; celle de Trieste, par Graetz et Laybach, a soixante-douze stations; elle suit d'abord le chemin de fer, puis la chaussée de la grande route. Le fil de cuivre employé pèse de 450 à 460 livres de Vienne par mille allemand, ou deux lieues. Les poteaux ont, en général, vingt-quatre pieds de haut et coûtent, pose comprise, à peu près 3 francs; leur distance moyenne est de cent cinquante pieds. Les fils passent dans un anneau en porcelaine, recouvert d'un toit en fer-blanc : chaque

anneau coûte 15 centimes. Une seule pile, de quarante-huit éléments, sert à la transmission directe des dépêches de Vienne à Trieste. La pile est celle de Smée ; chaque élément se compose d'une plaque d'argent platiné, placée entre deux plaques de zinc amalgamé ; toutes les plaques, larges de trois pouces, longues de six, plongent, sans diaphragme, dans le même liquide, une solution étendue d'acide sulfurique ; on empêche, par des coussinets en gutta-percha, le contact du zinc avec le platine. Une pile de douze éléments coûte 72 francs, et dure six mois quand elle est bien entretenue.

Dans l'intérieur des édifices, les fils sont isolés par un enduit formé de dix parties de poix blanche, deux de suif et deux de cire blanche, et recouverts de laine.

## LIGNES FRANÇAISES DE TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

La magnifique invention du télégraphe électrique avait donc été reçue avec enthousiasme dans toute l'Europe ; l'Amérique en retirait de grands fruits, et la France s'endormait. Bien plus, le gouvernement venait demander aux Chambres des sommes considérables pour compléter et perfectionner sur plusieurs points les lignes télégraphiques ordinaires, sans songer à leur donner leur complément indispensable. S'obstiner ainsi à rester dans l'enfance de l'art quand le progrès apparaissait partout à l'âge adulte, c'était vraiment un spectacle affligeant. Les projets du gouvernement, vivement combattus par M. Arago, qui révéla à la France, dans cette mémorable discussion, les avantages incomparables du télégraphe électrique, furent heureusement repoussés. La protestation de M. Arago fut entendue, et l'on commença à s'occuper en France du télégraphe électrique. L'illustre secrétaire de l'Académie portait, à cette époque, le plus vif intérêt à M. Wheatstone. Déjà, lors d'une première vacance à une place de correspondant dans la section de physique, 7 juillet 1838, M. Arago avait usé de son influence pour faire admettre le professeur de King's-College comme candidat, en dehors d'une longue liste arrêtée par la section. Une nouvelle vacance se présenta plus tard, 6 juin 1842, et M. Arago fit obtenir sans peine le fauteuil académique au créateur alors incontesté de la télégraphie électrique.

L'un des employés supérieurs de l'administration des télégraphes, M. Foy, fit, vers cette époque, une excursion en Angleterre, et se mit en relation avec M. Wheatstone. On traita sérieusement de l'éta-

blissement en France d'une ligne de télégraphie électrique ; les droits de l'inventeur paraissant alors sacrés, on stipula le prix de la gratification qui lui serait donnée pour l'emploi de ses procédés et la fourniture des instruments. M. Arago, ami aussi empressé qu'appréciateur éclairé du vrai mérite, pressait M. Wheatstone de venir à Paris et de mettre à sa disposition ses ingénieux appareils. Pourquoi faut-il que M. Wheatstone n'ait pas répondu à ces flatteuses avances ? On lui avait parlé d'expériences à faire, de sommes considérables à dépenser en essais, etc. ! Peut-être que cette annonce d'essais nouveaux froissa son amour-propre, trop facile à blesser chez un inventeur qui était arrivé pleinement à son but après huit années de travaux incessants. Pour essayer d'expliquer comment la susceptibilité du savant physicien anglais a pu se révolter à la pensée d'expériences à refaire, je citerai la note par laquelle il annonce l'établissement de son télégraphe sur deux chemins de fer à Paris :

« Le télégraphe électrique que j'ai eu l'honneur de soumettre à plusieurs membres de l'Académie en 1841, au collége de France, grâce à la complaisance de M. Regnault, fonctionne depuis le commencement de cette année sur la ligne de Paris à Orléans pour les deux premières stations, et sur la ligne de Paris à Versailles, rive droite.

» Une communication télégraphique journalière est maintenant établie entre Paris, Saint-Cloud et Versailles.

» Les instruments actuellement en action à la gare de Paris consistent principalement :

» 1° En un réveil pour appeler l'attention du correspondant ;

» 2° En un télégraphe qui représente tous les caractères de l'alphabet, au moyen desquels les mots peuvent être épelés et les signaux télégraphiques transmis, à raison de vingt-cinq signaux par minute ;

» 3° En un télégraphe qui imprime à la fois plusieurs copies d'une dépêche en lettres ou en chiffres ordinaires.

» D'autres instruments d'un usage spécial seront prochainement ajoutés à ceux qui précèdent.

» Sans entrer pour le moment dans une description détaillée de mes procédés, je me bornerai à faire remarquer que les appareils actuellement installés à Paris existent en Angleterre depuis 1837, et depuis 1840 dans leur dernière forme. Ils ont été soumis aux plus rudes épreuves, et ils ont toujours triomphé.

» On a fait parcourir aux signaux un chemin de 352 milles anglais,

soit 140 lieues de France ; et ils ont été transmis avec la plus parfaite régularité, soit que le courant électrique ait été excité par la pile, soit qu'il l'ait été par des électro-aimants.

» Au moment de quitter Paris, je viens me mettre à la disposition de messieurs les membres de l'Académie qui désirent voir fonctionner mes appareils. Quoique j'aie eu le plaisir de recevoir la plupart des membres de cette illustre Académie, j'ai l'honneur de prévenir ceux qui n'ont pas encore vu mes appareils et qui voudraient les voir fonctionner que je serai à leur disposition mardi 10 juin, de midi à trois heures, à la gare du chemin de fer de Versailles, rive droite, salle Nemours. »

M. Wheatstone prétendait donc avoir démontré théoriquement et expérimentalement que l'on pouvait, par le télégraphe électrique, transmettre des dépêches à une distance de 140 lieues, et l'on disait hautement en France que les expériences exécutées en Angleterre ne prouvaient pas du tout que l'on pût faire communiquer d'un seul trait Paris avec le Havre. Pour mieux mettre en évidence ces dispositions des esprits parmi nous, citons encore les explications données à la Chambre par M. Arago :

« Les télégraphes électriques semblent destinés à remplacer complétement les télégraphes actuellement en usage. Telle est l'explication naturelle de la détermination qu'a prise le ministre de l'intérieur de faire commencer les essais sur un crédit extraordinaire.

» Il fallait d'abord savoir si le courant électrique qui doit engendrer les signes télégraphiques s'affaiblirait d'une manière trop notable en parcourant de très-grandes distances, telles que la distance de Paris à Lyon ; il fallait décider si, entre ces deux villes, des stations intermédiaires deviendraient indispensables. Les ingénieuses expériences déjà exécutées en Angleterre au moment où la commission commença ses travaux, les expériences faites sur le chemin de Black-Wall, par exemple, ne tranchaient pas la question.

» Notre point de départ fut celui-ci : Peut-on transmettre le courant électrique avec assez peu d'affaiblissement pour que des communications régulières s'établissent d'un seul trait, sans station intermédiaire, entre Paris et le Havre? »

M. Wheatstone ne dissimulait pas que ces doutes l'avaient offensé. Il ajoutait qu'on lui annonça assez brusquement que les brevets pris par lui en France n'avaient aucune valeur, qu'ils étaient forcément

déchus, parce que le gouvernement se réserve chez nous le monopole des communications télégraphiques; qu'on parla moins aussi de l'indemnité qui lui avait été promise; qu'au lieu de s'adresser directement à lui, on voulut obtenir sans lui, de M. Clarke, les dessins de dispositions qui n'étaient pas dans le domaine public; qu'on demanda que les appareils qu'il aurait à fournir produisissent 64 signaux élémentaires, ce qui, dans sa pensée, était se mettre en dehors des conditions d'une communication électrique parfaite, etc. Par tous ces motifs, il se tint malheureusement à l'écart et manifesta son mécontentement. On a fait sans lui!

Arrivons enfin au résumé des travaux de la commission :

« Le 30 janvier, on a commencé à tendre les fils de cuivre destinés à former le circuit; ils ont 2 millimètres 1/2 de diamètre. Ces fils sont soutenus par environ trois mille poteaux en bois, dont trois cent quatre-vingts sont munis d'appareils de traction.

» Les autres n'ont d'autre fonction que celle de soutenir les fils, qui, ainsi que les poteaux, sont recouverts d'une couche de glu marine pour les isoler le plus possible du sol. Ils passent, à chaque poteau, sur des poulies en biscuit de porcelaine, où ils sont en outre abrités de la pluie par un petit toit pour empêcher l'humidité de les faire communiquer avec le sol.

» Le 1er mars, le double fil étant placé de Paris à Maisons, M. Bréguet et M. Gounelle, inspecteurs de la ligne, commencèrent une série d'essais préparatoires qu'ils continuèrent successivement à des distances plus grandes, à mesure du placement du fil.

» Il est résulté de ces diverses expériences que la terre peut non-seulement faire partie du circuit, mais encore que, dans cette condition, la même source électrique donne un courant beaucoup plus intense que lorsque le circuit est entièrement formé par le fil de métal.

» Dans une dernière expérience, où la distance était de 17,000 mètres, une plaque étamée était plongée dans un puits à Paris, et une autre plaque dans la rivière à Maisons. Mais, avant d'établir la pile dans le circuit, on constata qu'un faible courant le traversait. On crut d'abord que ce courant était dû à ce qu'une portion du fil de cuivre de 3 kilomètres environ, couchée sur le sol humide au delà de Maisons, aurait formé une couple voltaïque, cuivre et étain, avec la plaque du puits de Paris; mais plusieurs expériences faites postérieurement, de Paris à Mantes, ont donné des déviations sensibles sans l'emploi

d'aucune pile, et par la seule immersion dans les puits des deux plaques communiquant avec l'un des fils.

» Enfin, le dimanche 4 mai, des signaux purent être échangés entre les stations de Paris et de Rouen, au moyen d'un appareil formé d'un aimant temporaire en fer à cheval, entre les branches duquel était placée une aiguille aimantée, dont l'un des pôles était attiré par l'une ou l'autre branche, selon que l'on faisait marcher le courant dans un sens ou dans l'autre.

» Le dimanche 11 juin 1845, les signes conventionnels à obtenir de l'appareil à aiguilles étant bien connus des membres de la commission, la première dépêche télégraphique fut transmise. M. Bréguet était à Rouen, et les autres membres de la commission à Paris. Rouen commença la conversation suivante :

» Rouen. — La commission est-elle rassemblée ?

» Paris. — L'aiguille de gauche ne marche pas.

» Rouen. — Les nôtres marchent bien.

» Paris. — Les nôtres aussi. Donnez les déviations (c'est-à-dire les déviations mesurées en degrés de l'aiguille du galvanomètre mis dans le courant qui parcourt les deux fils).

» Rouen. — Fil supérieur, 30 degrés; inférieur, 30; métallique, 15. (Quand la déviation était de 30 degrés, le circuit était fermé par la terre; elle n'était que de 15 quand le circuit était fermé par un second fil.)

» Paris. — Comment va M. Bréguet ?

» Rouen. — Bien; il fume son cigare.

» Paris. — Combien d'éléments?

» Rouen. — Dix-huit.

» L'appareil à signaux fut ensuite mis en expérience et permit une nouvelle conversation entre les stations.

» Le temps employé à faire ces diverses communications peut se comparer à celui qui aurait été nécessaire pour les écrire à main posée, en caractères un peu gros. »

Telle est l'histoire fidèle du premier essai de télégraphie électrique en France. Nous sommes arrivés bien tard, mais enfin nous sommes arrivés; et arrivés plus tôt même qu'on ne pouvait l'espérer, grâce à une circonstance particulière que je ne puis passer sous silence. Nous avons dit ailleurs que sur un rapport de M. Pouillet à la Chambre des députés, rapport dans lequel ce savant déclarait que le problème de

la télégraphie de nuit, si longtemps étudié sans succès, venait d'être enfin résolu par le docteur Jules Guyot; les Chambres votèrent 30,000 francs pour établir dans ce système une première ligne télégraphique. Ce fut alors, mars 1843, qu'eurent lieu les expériences de Paris à Dijon, sur un parcours de quatre-vingts lieues, avec trente-six postes de correspondance. Il fut constaté dans plusieurs séances que les signaux de nuit étaient aussi visibles et aussi rapidement transmis que les signaux de jour; la commission déclara la télégraphie de nuit pratique et établie, et émit le vœu que la ligne de Paris à Dijon fût continuée jusqu'à Toulon. Mais ces expériences gigantesques s'étaient accomplies sous le patronage énergique de la commission scientifique, contre le mauvais vouloir le plus opiniâtre et le plus brutal de l'administrateur en chef des télégraphes. Le vœu d'une commission puissante par les lumières et par l'autorité de ses membres est venu se briser contre le dépit d'un administrateur entêté, et la télégraphie de nuit fut perdue; le rapport même de la commission a été soustrait et probablement anéanti. Ce même administrateur qui, quelque temps auparavant, avait repoussé et dégoûté M. Wheatstone, partit pour l'Angleterre pour redemander ce qu'il avait rejeté avec dédain, afin de se venger par la télégraphie électrique des humiliations qu'il avait subies dans la télégraphie aérienne. Telle est la véritable cause du premier établissement de la télégraphie électrique en France. C'est ainsi que les mauvaises passions amènent quelquefois de bons résultats. Nous avons emprunté ce triste récit à l'aperçu général de télégraphie de M. M.-D. Magnier; M. Séguier, l'un des membres les plus actifs de la commission, nous en a confirmé la vérité et l'authenticité.

Depuis cette époque la télégraphie électrique a fait en France quelques progrès; mais on l'a rendue tout à fait solidaire des lignes de chemins de fer; elle s'arrête avec elles, s'avance avec elles, elle les atteint quelquefois, et ne les dépasse jamais.

Nos principales lignes de télégraphie électrique sont : 1° la ligne du Nord, de Paris à Valenciennes, par Amiens, Arras, Douai, Lille, avec embranchement sur Dunkerque, Calais et Boulogne : 90 lieues;

2° La ligne du Sud, de Paris à Châteauroux, par Orléans, Blois, Tours, Bourges, avec prolongement arrêté jusqu'à Bordeaux d'une part, et Nantes de l'autre;

3° La ligne de l'Est, de Paris à Châlons-sur-Marne, avec prolongement jusqu'à Strasbourg par Vitry-le-Français, Nancy, etc.;

4° La ligne de Paris au Havre, par Rouen et Dieppe;
5° La ligne de Montereau à Troyes;
6° La ligne de Metz et Nancy, etc., etc.

L'ensemble entier des lignes achevées forme trois cents lieues! Et l'on a commis la faute irréparable de supprimer les télégraphes anciens!

## LIGNES DE TOSCANE.

Le télégraphe électrique a été établi en Toscane en 1847 sous la direction de M. Matteucci; elle suit aussi les chemins de fer. Les lignes terminées sont celles : 1° de Florence à Livourne; 2° d'Empoli à Sienne; 3° de Pise à Lucques; 4° de Florence à Patro : ce qui fait en tout 120 milles italiens ou environ 60 lieues. La longueur totale des fils est de 121 lieues; ils pèsent 70,000 livres : il y a 2,488 poteaux. Les dépenses de la pose du fil, qui coûtaient au début 400 livres par mille, sont réduites à 30 ou 40 francs, aujourd'hui que les fils sont posés par les gardiens du télégraphe. Les appareils télégraphiques sont fournis en partie par M. Breguet, en partie par le constructeur de l'Université, M. Pierucci, un appareil complet coûte 600 livres.

Voici le tableau de la dépense totale nécessitée par l'établissement des lignes toscanes :

| | Livres. | Sous. | |
|---|---|---|---|
| Fil de fer. . . . . | 23,348 | 8 | |
| Poteaux en sapin. . . . . | 21,426 | 13 | 4 |
| Tendeurs. . . . . | 3,347 | | |
| Coussinets et rondelles en porcelaine . . . . . | 2,627 | 13 | |
| Cassettes en bois. . . . . | 1,772 | 13 | 4 |
| Mobilier et approvisionnement des bureaux . . . . | 8,183 | 18 | 8 |
| Pose, vernis, fil de cuivre. . . . . | 5,314 | 13 | 4 |
| Machines et piles. . . . . | 26,043 | 17 | |
| Timbre, frais de poste, d'administration, d'études, de surveillance du travail . . . . . | 3,443 | 3 | 4 |
| TOTAL. . . | 95,507 | 10 | |

M. Walker estime à cinq mille livres par mille les dépenses d'établissement des lignes télégraphiques. Suivant M. Breguet la construction d'une ligne électrique avec cinq fils de fer, tout compris, achat des fils et des appareils, pose des fils, bâtiment pour les directions, etc., coûte de 5 à 6 mille francs par lieue, 4 kilomètres : la ligne une fois

construite, la pose d'un nouveau fil revient de 6 à 700 francs par lieue tout compris. La commission de l'assemblée législative a fixé les frais d'établissement à 5800, ou même à 5000 francs par lieue. Les prix de Toscane sont donc les plus réduits de tous.

Nous n'avons aucun détail sur les télégraphes de la Belgique, de la Hollande et de la Russie. Nous savons seulement que la station de Valenciennes correspond d'une part avec Bruxelles, de l'autre avec Aix-la-Chapelle, ce qui complète les lignes de Berlin et de Vienne à Paris. Nous croyons aussi que les lignes de Saint-Pétersbourg à Moscou et à Varsovie sont en pleine activité, et que dans quelques mois Saint-Pétersbourg communiquera avec Vienne, Berlin, Paris et Londres.

Cette énumération à peu près complète de toutes les lignes télégraphiques établies jusqu'ici conduit naturellement à se poser cette question : De tant d'appareils quel est définitivement le meilleur ? Avant de formuler notre propre appréciation, nous ferons connaître les jugements de deux hommes compétents, MM. Morse et Steinheil.

En 1845, aux mois de septembre et de novembre, M. Morse examina avec soin aux stations de Nine-Elms, de Paddington, de Londres et d'Amsterdam, le télégraphe alphabétique de M. Wheatstone, et il s'assura, dit-il, qu'il n'expédiait en moyenne que quinze ou seize lettres par minute; le disque ne tournait pas toujours avec régularité, il fallut plusieurs fois vérifier la transmission et répéter le signal; il n'y avait qu'un seul fil conducteur. En octobre et en novembre 1845, M. Morse étudia à Paris le télégraphe établi par M. Bréguet entre Paris et Rouen: on ne transmettait réellement que dix ou douze signaux par minute, et l'on employait deux fils.

En comparant les trois systèmes, américain, anglais, français, conclut M. Morse, on trouve donc que les nombres de signaux transmis dans une minute sont soixante pour le système américain, quinze pour le système anglais, dix pour le système français. Le système américain a de plus l'avantage de donner avec plus de simplicité et de sécurité des signaux écrits et permanents.

Dans une seconde lettre, à la date du 8 janvier 1847, M. Morse annonce qu'il est enfin parvenu à construire un télégraphe électrique très-simple, très-efficace, qui écrit les lettres de l'alphabet romain, mais avec moins de rapidité que les signes de convention employés d'abord par lui.

Nous n'avons pas besoin de faire remarquer que le jugement porté

par M. Morse est quelque peu suspect. L'illustre Américain prend pour lui la meilleure part; il veut absolument primer ses concurrents, soit quant à la priorité de l'invention, soit quant à la supériorité des appareils; il oublie le télégraphe à aiguilles et réduit beaucoup trop le nombre des signaux transmis en Angleterre et en France.

Voici maintenant le jugement de M. Steinheil; il est surtout relatif aux télégraphes allemands :

« Si nous considérons d'abord les conducteurs, nous constatons avec bonheur que, sur toutes les lignes de télégraphie électrique sans exception, la propriété conductrice du sol est utilisée pour remplacer la moitié du circuit. Il n'existe en effet dans toute l'Allemagne qu'un seul télégraphe qui emploie deux fils pour une même correspondance, celui de Brême à Bremerhafen (le port de Brême).

» Le principe si simple de la réduction du conducteur à un seul fil métallique a donc triomphé partout.

» Le mode imparfait d'isolement qu'on remarque encore sur les lignes télégraphiques de Stuttgardt à Esslingen, de Francfort à Cassel, est bien amélioré de Carlsruhe à Durlach, par l'emploi des cônes de grès; dans le Hanovre, par celui des cylindres de bois; en Autriche, par les anneaux de porcelaine abrités par des toits ou des boîtes protectrices.

» Tous ces moyens sont surpassés à leur tour par l'emploi si éminemment simple et judicieux des cloches en verre importées d'Amérique. Ces cloches n'exigent pas de toits particuliers contre la pluie, puisqu'elle s'écoule sur leur surface sans produire en dessous aucune communication conductrice avec le sol. En Prusse et en France, ces cloches sont en porcelaine; mais celles-ci sont plus fragiles que celles de verre coulé. Les cloches en faïence de grès employées dans le Hanovre sont aussi très-avantageuses, car elles unissent l'économie à la solidité. Leur forme est tellement combinée, que le fil, en les entourant, se tient parfaitement assujetti.

» Les conducteurs en fil de fer galvanisé, employés en Angleterre et en France, ont rencontré peu de faveur en Allemagne. Un trentième à peine des télégraphes allemands les a adoptés; et avec raison, suivant M. Steinheil. Ces conducteurs sont, il est vrai, plus solides que ceux de cuivre, moins exposés qu'eux aux ruptures accidentelles, à celles qui résultent de la malveillance, et enfin aux vols. Par contre, ils exigent des supports beaucoup plus solides, ils sont moins facile-

ment et moins promptement réparables par les employés des chemins de fer ; ils n'ont aucune valeur intrinsèque ; ils offrent au courant une résistance proportionnellement très-grande, et cette résistance dépend beaucoup de la température des fils et augmente considérablement par son élévation. Ils présentent au contraire une grande résistance à l'électricité atmosphérique, et enfin occasionnent de plus grands frais d'établissement que les fils de cuivre.

» Ils pouvaient avoir, à cause de leur grande solidité, un certain avantage pour les grandes lignes quand on ne possédait pas encore de moyen d'isoler les fils sous terre. Mais ils seront certainement remplacés par les conducteurs souterrains, qui présentent pour ces lignes une sûreté bien plus grande et sont à l'abri de la foudre.

» Pour les chemins de fer et leur correspondance télégraphique, les fils de cuivre, simples et économiques dans leur établissement, suffisent pleinement ; ils présentent même cet avantage, que tous les gardes-ligne peuvent les réparer. Toutes ces considérations doivent avoir milité en leur faveur, puisque, comme nous l'avons déjà dit, le trentième à peine des lignes télégraphiques de l'Allemagne est en fil de fer.

» Quant aux appareils, leur choix doit être subordonné à l'usage auquel on le destine. Pour les chemins de fer, il ne faut que des appareils avec lesquels tous les employés puissent correspondre sans étude préalable. Sans aucun doute, les appareils à cadran sont, sous ce rapport, les plus avantageux ; mais, parmi ceux-ci même, il y a un grand choix. L'appareil de M. Wheatstone, et ses imitations modifiées de Fardely, de Geiger et autres, sont, quant à la sûreté de leur marche, de beaucoup surpassés par l'appareil d'induction de Stœhrer. Le télégraphe de M. Siemens est encore plus parfait dans sa construction, et l'on peut dire qu'il offre la solution du problème de la télégraphie par les appareils à cadran : seulement son maniement me paraît un peu difficile pour le service des chemins de fer. Ainsi il faut pour bien le régler, quand on en place un grand nombre sur le même fil conducteur, plus d'intelligence qu'on n'est en droit d'en attendre en général des employés ordinaires des chemins de fer. L'entretien des piles étant aussi pour ces derniers extrêmement désagréable, l'appareil de Stœhrer qui les supprime me semble, à cause de cela, le plus avantageux de tous.

» Mais il en est autrement des appareils télégraphiques destinés aux

correspondances de l'État ou du commerce; pour celles-ci, le premier mérite c'est la rapidité et la sûreté que les appareils sont susceptibles d'offrir. A cet égard, aucun d'eux ne peut être mis en parallèle avec le télégraphe écrivant de Morse avec relais; comme nous l'avons vu en effet, il opère six fois plus vite que l'appareil de Siemens; il fournit un document écrit de la correspondance qu'on peut relire à volonté, et qui est indépendant de l'attention de l'employé qui reçoit la dépêche. Ces avantages ont tant d'importance, que les inconvénients qu'il peut avoir, tels que la difficulté d'apprendre à transmettre et lire les signaux, celui d'un plus grand nombre d'éléments voltaïques et de stations, disparaissent entièrement.

» A l'égard du choix des piles, on doit se décider d'après le système des télégraphes : dans les uns, en effet, les batteries doivent fonctionner constamment, comme lorsqu'on fait usage des relais; dans les autres, au contraire, la batterie n'agit qu'au moment de la production du signal.

» Dans ce dernier cas, qui est celui de la plupart des appareils à cadran, la batterie de Fardely ou celle d'Eisenlohr, qui lui ressemble, se distinguent par-dessus toutes les autres.

» En effet, la pile de Fardely peut fonctionner pendant plus d'une année sans être démontée, etc., etc., et celle d'Eisenlohr n'a présenté aucune diminution sensible d'intensité après soixante jours. Mais toutes deux s'épuisent rapidement si elles sont forcées de fournir un courant permanent. Dans ce cas, c'est la batterie de Daniel qu'il faut employer. Je crois cependant que, pour produire un courant constant et permanent appliqué aux appareils *à relais*, on obtiendra de bons effets de mon élément terrestre si éminemment simple, consistant en deux plaques terminales zinc et cuivre soudées au conducteur. Une couple de ce genre, appliquée au télégraphe de Munich, n'a pas accusé de diminution sensible dans l'intensité de son courant qui suffisait encore après un an d'usage, ainsi que je m'en suis assuré par moi-même.

» Il est enfin supposable qu'on pourra un jour employer avec grand avantage, pour la télégraphie, les courants thermo-électriques qui sont le résultat de simples différences de température. Je me réserve de faire ultérieurement à ce sujet une communication plus étendue. »

On voit que M. Steinheil se prononce en faveur de deux appareils :

les télégraphes de Stœhrer et de Morse. Je ne partage pas tout à fait son avis. Le télégraphe à aiguilles de MM. Cooke et Wheatstone me séduit toujours beaucoup par sa simplicité et sa sécurité; mais il se balance dans mon esprit avec le télégraphe à aiguilles de Bain. Parmi les télégraphes à cadran, je mets au premier rang celui de M. Froment. Le télégraphe écrivant de Morse est un excellent appareil, qui n'a que l'inconvénient très-insignifiant, il faut en convenir, celui d'une écriture de convention. On serait peut-être tenté de lui préférer le télégraphe de Brett, si la rapidité de transmission ne compensait pas, en partie du moins, ce léger désavantage. Quant au télégraphe écrivant de M. Bain, je renvoie à ce que j'ai dit ailleurs; il l'emporte incomparablement sur tous les autres, mais dans le cas seulement où la nature des dépêches exige qu'elles soient transmises avec une excessive rapidité.

Pour jeter encore plus de jour sur cette question délicate et pratique de la comparaison entre les divers appareils, je transcrirai ici deux notes de M. Steinheil relatives, l'une à l'appareil de M. Stœhrer, l'autre à un perfectionnement à apporter au télégraphe de Morse.

### TÉLÉGRAPHE DE M. STOEHRER.

C'est un télégraphe à cadran, mis en action par une machine électro-magnétique.

« On échappe, de cette manière, aux embarras des piles; le courant est plus uniformément constant, et la dépense est moindre; mais ces avantages ne sont-ils pas compensés par des inconvénients nombreux et essentiels? 1° On ne peut plus alors recourir aux relais; c'est-à-dire que l'on ne peut, comme avec les piles galvaniques, faire passer un courant permanent dans le fil de la ligne, et produire directement les signaux par la simple interruption du courant obtenue par la rupture du circuit à une station quelconque. C'est une imperfection, car les seuls télégraphes qui échappent aux perturbations de l'électricité atmosphérique sont ceux à travers lesquels circule un courant permanent.

» 2° Le courant produit par l'induction est toujours plus faible que celui qui naît des piles; or, les courants faibles ne sont jamais avantageux pour la télégraphie; parce que la transmission des signaux est alors plus lente, et les effets perturbateurs des courants accidentels plus sensibles. A cause de leur faible intensité, les courants d'induction ne peuvent donc suffire que sur les lignes de peu d'étendue. Dès que le nombre des multiplicateurs interposés aux diverses stations est un peu

considérable, la résistance devient énorme; et les bobines destinées à produire le courant devraient avoir des proportions gigantesques.

» 3° Enfin les appareils d'induction sont toujours plus compliqués que les piles, et exigent des réparations plus fréquentes.

» Toutefois l'appareil de Stœhrer, dans lequel l'indicateur est mû par un courant d'induction, est très-bien approprié et très-convenable pour certains cas particuliers; tels, par exemple, que le service d'un chemin de fer. La construction de cet appareil est très-ingénieuse, et savamment combinée dans tous ses détails.

» Les bobines d'induction, avec noyau en fer doux, tournent au-dessus d'aimants permanents placés horizontalement; la première impulsion est donnée à la main, puis un mouvement d'horlogerie, mû par un poids, entretient la rotation. Comme la direction du courant produit par l'inducteur change à chaque demi-révolution, il n'est pas nécessaire d'avoir recours à un commutateur pour assurer la marche de l'indicateur. Voici comment son mouvement est produit : une pièce de fer doux, fixée suivant sa longueur à l'axe de l'armature, se tient debout entre les deux pôles de l'aimant temporaire ou électro-aimant; un magnétisme permanent très-fort lui est communiqué par un aimant d'acier qui s'en approche de très-près par un de ses pôles, sans cependant le toucher; la rotation de l'axe est limitée de telle sorte que la pièce de fer ne puisse jamais toucher les pôles de l'électro-aimant; chaque fois, par conséquent, que les pôles de celui-ci changent, l'attraction du fer doux aimanté d'une manière permanente se change en répulsion, et *vice versa;* le fer doux se meut donc vers l'autre pôle et fait, par conséquent, tourner l'axe de l'armature d'une quantité suffisante pour que celui-ci saisisse une dent de la roue de l'indicateur et la pousse en avant. Cette roue est en fer, et par conséquent elle adhère constamment, à cause de son magnétisme, à l'armature qui engrène avec elle. Il s'ensuit que le mouvement de l'indicateur se fait très-régulièrement, sans qu'il puisse rester en arrière ou sauter une division. L'indicateur fait donc autant de sauts qu'il y a de changements de pôles dans l'inducteur. Il se meut sur un cadran portant 36 divisions, sur lesquelles sont écrits des chiffres, des lettres, les noms des stations, et des phrases à l'usage des chemins de fer; un levier en laiton peut tourner avec l'indicateur, en avant ou en arrière, en passant sur chacune des 36 divisions, et l'aiguille, qui exécute les mêmes mouvements, vient alors s'arrêter au point où celui-

ci s'arrête. Au-dessus du cadran est un réveil avec son timbre. Le même appareil donne et reçoit les signaux. Il a pour les chemins de fer, comme les autres instruments à cadran, l'avantage que chacun peut, sans un apprentissage préalable, donner et recevoir les signaux. Sa marche est aussi sûre mais plus lente que celle de l'appareil à cadran de Siemens et de Halske; il coûte, complet, 180 thalers. Ce qui le recommande pour les chemins de fer, c'est qu'il n'exige point de pile. »

## PERFECTIONNEMENT DE L'APPAREIL DE MORSE.

« Nous avons vu que, de tous les appareils employés en Allemagne, celui de Morse fournit le moyen de correspondre le plus vite et le plus sûrement. Cependant il nous semble que, sous deux rapports, il est encore susceptible de perfectionnements très-importants. Le premier point, dont j'ai déjà parlé, concerne le choix des signes. Au moyen de l'alphabet que j'ai proposé, et sans abréviations, on peut transmettre dans le même temps plus de mots que par celui qui est maintenant en usage.

» Le second point concerne l'appareil lui-même, auquel on peut reprocher d'exiger la production à la main de signes divers, les uns grands, les autres petits; ils résultent, en effet, de pressions plus ou moins prolongées exercées à la main sur la bascule d'interruption.

» Or, il est évident que l'on opèrerait plus facilement et plus vite s'il ne fallait qu'une seule sorte de mouvement et d'une durée toujours égale pour produire deux signes, différents cependant l'un de l'autre.

» Je vais faire voir que, sans aucun changement, soit aux relais, soit aux appareils à écrire, mais au moyen de la simple addition d'une seconde bascule d'interruption, et avec des pulsations uniformes sur l'une et sur l'autre, on peut néanmoins fixer sur la bande de papier de toutes les stations deux signes différents. Il suffit pour cela que la seconde bascule, par son mouvement de bas en haut, interrompe deux fois le circuit. Ceci s'opère facilement en le lui faisant fermer non-seulement quand elle est en bas, mais encore quand elle est en haut. Supposons donc que l'on touche cette bascule quand elle est à sa position de repos, nous aurons : 1° *rupture*; 2° rétablissement du circuit; 3° *rupture*; 4° enfin rétablissement. Or, comme l'appareil

écrivant opère autant de points qu'il y a de *ruptures* du circuit, la nouvelle bascule lui fera faire deux empreintes sur le papier, pendant que l'ancienne n'en fait naître qu'une seule, *pour les mêmes mouvements.*

» L'une des bascules donnera donc naissance à un point simple, et la seconde à un point double, et ce dernier n'exigera pas plus de temps que l'autre pour être produit.

» Ainsi l'on n'a que des mouvements parfaitement semblables à produire à la main, et cependant chaque bascule donne des signes différents.

» Non-seulement ce système serait bien plus commode pour les employés, mais il abrégerait encore la correspondance.

» Enfin il me paraît d'autant plus aisé à mettre en pratique, qu'il suffit d'ajouter une seconde bascule aux appareils actuels, et que si l'on veut temporairement ne pas s'en servir, on peut opérer avec l'autre comme auparavant. »

---

## CHAPITRE II.

### Services rendus par la télégraphie électrique.

---

#### CORRESPONDANCES GOUVERNEMENTALES ET PRIVÉES.

Ces services sont de deux genres, et nous essaierons de les faire bien apprécier. Considérée d'abord au point de vue des relations de peuple à peuple, de gouvernement à gouvernement, de famille à famille, d'individu à individu, la télégraphie électrique, en annulant les distances, comble un vide immense, et devient un bienfait vraiment providentiel et humanitaire d'une portée tellement incommensurable, que ce ne sera pas trop de quelques années encore pour le faire apprécier à sa juste valeur. « Le télégraphe électrique, dit M. Walker, a une existence à part; il ne peut être remplacé par rien, il fait ce que la poste ne peut pas faire; il distance les pigeons voyageurs, il va plus vite que le vent, il arrache le sablier de la main du temps, et efface les limites de l'espace. Or, pendant qu'il peut arriver que le télégraphe fasse

des transports qui pourraient quelquefois s'opérer autrement, il faut que l'on ait recours à lui quand *tous les autres moyens ne sauraient le remplacer*, et quand il faut exécuter un service qu'il serait matériellement *impossible d'accomplir autrement*. Dans un grand pays commercial comme celui-ci, et dans un pays où les relations sociales sont si étendues, ces circonstances se présentent à chaque instant, et sont, comme nous le voyons par les dépêches qu'on nous confie, du caractère le plus varié.

» Si nous pouvions soulever le voile des secrets que nos rapports avec le public nous obligent de garder sur la correspondance dont on nous fait les dépositaires, il y aurait de quoi remplir plusieurs volumes d'anxiétés domestiques calmées par la télégraphie électrique. C'est surtout dans les circonstances graves et soudaines que le public a recours à nous, comme on a recours au médecin en cas de maladie. Ces anxiétés ont quelquefois un côté comique ; d'autres fois, elles sont excessivement pénibles. Nous avons été chargés de commander un turbot et un cercueil, un dîner et un médecin, une nourrice au mois et une jaquette de course, une machine industrielle et une chaîne-câble, un uniforme d'officier et des glaces du lac de Wenham, un ecclésiastique et une perruque d'avocat, un étendard royal et un panier de vin, etc. Que d'objets divers les voyageurs de chemins de fer ont retrouvés au moyen du télégraphe ! Ils avaient perdu dans des convois une lorgnette ou un cochon, une ombrelle, une bourse ou une bourriche d'huîtres, un grand habit ou une poupée, des boîtes et des caisses, *et id genus omne*, sans nombre.

» La liste suivante, qui est loin d'être complète, donnera quelque idée des diverses espèces et de la multiplicité des services rendus par le télégraphe :

| | | |
|---|---|---|
| Accidents. | Élections. | Passagers. |
| Annonces. | Adultères. | Payements. |
| Rendez-vous. | Témoignages. | Police. |
| Arrivées. | Fonds et partages. | Politique. |
| Arrestations. | Gouvernement. | Poste aux chevaux, etc. |
| Banquiers. | Santé. | Rapports demandés. |
| Lits. | Hôtels. | Remises. |
| Billets. | Jugements. | Répit. |
| Naissances. | Pertes de bagage. | Vols. |

| | | |
|---|---|---|
| Séditions. | Marché. | Mouvements royaux. |
| Conseils. | Médecins. | Sentences. |
| Courriers. | Météorologie. | Nouvelles navales. |
| Récoltes. | Accidents de convois. | Provisions de mer. |
| Douanes. | Meurtres. | Courses. |
| Morts. | Nouvelles. | Témoins. |
| Départs. | Nourrices. | Naufrages. |
| Dépêches. | Ordres. | |

» En jetant les yeux sur cette liste, quelle confiance le public n'a-t-il pas dans le télégraphe! Pour adresser à notre ami le plus cher une lettre remplie des plus secrètes pensées de notre cœur, et pour confier un tel document à des mains étrangères, à des hommes que nous n'avons jamais vus, dont nous n'avons aucune idée personnelle, il faut avoir une grande confiance, une grande foi dans les institutions de notre pays. Le facteur de la poste ignore les joies ou les douleurs qu'il porte; il en est tout autrement avec le télégraphe, nous sommes dans la confidence du public, nous connaissons la nouvelle que nous portons. La preuve que cette confiance a été bien placée, c'est l'augmentation progressive dans le nombre et la valeur des dépêches qui nous sont confiées. »

Quelques exemples choisis feront mieux ressortir cette grande et consolante vérité du bienfait incomparable du télégraphe électrique : nous les enregistrons au hasard et sans ordre.

1. Quand le bateau à vapeur *Britannia* arriva à Boston, en janvier 1847, avec la nouvelle de la disette qui régnait en Angleterre, en Irlande et dans divers États européens, et avec de très-nombreuses commandes d'achat de blé, les fermiers de l'intérieur de l'État de New-York, informés de l'état des choses par le télégraphe électrique, se mirent sur-le-champ en campagne. Le navire avait à peine atteint le port de Boston, que déjà les routes d'Albany étaient couvertes d'innombrables attelages apportant le blé demandé. Grâce donc au télégraphe électrique, le blé était réuni dans le port après un intervalle de temps plus court que celui employé autrefois pour transmettre aux divers États la nouvelle de l'arrivée du bateau à vapeur.

2. Le discours de la reine pour la prorogation du parlement fut transmis de Londres à Norwick à la distance de 126 milles dans moins de dix-huit minutes.

3. Sur les vaisseaux à vapeur, les ordres sont ordinairement transmis du tillac à la chambre des machines au moyen du porte-voix, et c'est un inconvénient grave pour les personnes du bord dont le repos est sans cesse troublé par des hurlements désagréables. On a eu l'heureuse idée de substituer le télégraphe électrique à ce moyen de communication barbare sur le yacht royal *Victoria et Albert;* l'appareil se compose simplement de deux timbres et de deux cadrans portant les indications suivantes : *en avant*, *en arrière*, *à toute vitesse*, *à demi-vitesse*, *lentement*, *arrêtez.* Avant de transmettre un ordre, l'officier, sur le tillac, fait sonner le timbre du machiniste, et celui-ci à son tour fait sonner le timbre du capitaine pour annoncer qu'il est sur ses gardes. Le capitaine alors, à l'aide de sa manivelle, fait arriver l'aiguille de son cadran sur le signal ou ordre qu'il s'agit de transmettre; l'aiguille du cadran que le machiniste regarde prend aussitôt la même position, et l'ordre est transmis. Il n'est pas douteux que dans un court délai cette méthode si simple sera partout adoptée.

4. Un journal américain a raconté le fait suivant : Hier, avant midi, un monsieur entra dans le cabinet du télégraphe à Buffalo, et témoigna le désir de consulter le docteur Stéven, résidant à Lockport; prévenu de ce désir, le docteur vint de son côté au cabinet télégraphique de Lockport. Le monsieur lui annonça que sa femme était gravement malade, et lui transmit les symptômes caractéristiques de la maladie; le médecin, à son tour, indiqua les remèdes à employer; et tous deux convinrent, si la malade n'allait pas mieux, de se retrouver le lendemain matin aux extrémités de la ligne télégraphique : le mari ne reparut pas, sans doute parce que la consultation avait amené une amélioration subite.

5. Sous le portique de la nouvelle chambre des communes, en Angleterre, on a disposé un télégraphe électrique qui met en communication les salles séparées des différentes commissions; comme exemple des notifications transmises, nous citerons les suivantes : « La commission est autorisée à siéger jusqu'à neuf heures. Qui en ce moment est à la barre de la chambre? Qui est-ce qui parle? Dans combien de temps la chambre se séparera-t-elle?» etc.

6. comme depuis deux jours la pluie ne cessait pas de tomber à Manchester, et que le matin l'averse devint encore plus intense, il régnait parmi les commerçants anglais une vive inquiétude; chacun désirait savoir si le temps était aussi mauvais dans les districts agri-

coles environnants. On courut donc au bureau du télégraphe électrique; le directeur se prêta de bonne grâce à ce que l'on demandait de lui; il transmit dans les différentes directions la question proposée, et reçut presque instantanément les réponses suivantes : Normanton, beau temps; Derby, temps très-dur; York, beau temps; Leeds, beau temps; Nottingham, pas de pluie, mais temps dur et froid; Rugby, pluie; Lincoln, assez beau; Newcastle-Upon Tyne, à midi et demi, beau temps; Scarborough, midi trois quarts, beau; Rochdale, une heure, beau. Un coup d'œil jeté sur la carte d'Angleterre avait indiqué que le temps était beau dans les principaux districts agricoles, à l'est et au nord de Manchester.

7. Le professeur américain Espy, très-connu par ses recherches sur la théorie des ouragans, propose de rendre ses efforts plus efficaces encore par l'adjonction du télégraphe électrique. Ses recherches antérieures l'ont conduit à penser que par ce moyen on recevrait assez à temps l'annonce de la formation d'une trombe pour qu'on pût prendre quelques mesures préventives utiles.

8. Le premier message du gouverneur Young à la législature de New-York a été transmis d'Albany à New-York en trois heures. Il contenait 5,000 mots, ou 25,000 lettres; le télégraphe donnait donc réellement 83 lettres par minute, le double de ce qui avait été promis par M. Morse.

9. Le télégraphe de marine avait signalé l'apparition du steamer le *Cambria*, alors qu'il était encore à 40 milles du port de Boston, et ce navire n'était pas encore entré dans le port, que déjà on avait fait connaître son arrivée à Springfield, à Hartford, à New-Haven, à New-York, à Philadelphie, à Baltimore, à Washington, au moyen du télégraphe électrique.

10. John Bull, qui ne recule devant aucune idée bizarre, propose de lier entre elles, par un système de télégraphie électrique, les diverses chaires des principales églises d'Angleterre, de telle sorte que le sermon prononcé à Londres ou ailleurs, par un prédicateur célèbre, puisse être reproduit partout instantanément.

11. On a proposé, en Angleterre et en Amérique, d'unir par un système de communications électro-télégraphiques les différentes casernes de pompiers; les incendies seraient ainsi beaucoup plus efficacement combattus.

12. Lors des troubles de Philadelphie, dans l'été de 1843, de dé-

pêches cachetées furent envoyées par le major de Philadelphie au président des États-Unis. A l'arrivée du courrier à Baltimore, le contenu des dépêches transpira; et pendant qu'un train spécial se préparait pour le départ du courrier, le télégraphe transmit à Washington les nouvelles et prévint la compagnie du chemin de fer de suspendre tout départ de Washington, pour hâter la venue du courrier. Tout fut compris et exécuté. La voie fut libre pour le train spécial; et le président et le cabinet, réunis en conseil, furent prévenus de l'arrivée de dépêches importantes et de la nature de ces dépêches. Aussi, à l'arrivée du courrier, la réponse était-elle prête.

13. Pendant l'affreuse tourmente du 5 décembre, par une nuit noire, la pluie tombant à torrents et le vent soufflant avec rage, c'était quelque chose d'extraordinaire et de mystérieux que de voir une société tout autour d'une table, à Washington, dans une chambre chaude et retirée, jouer aux échecs, dans une pareille nuit, avec une société établie à Baltimore, sans s'occuper des ténèbres, de la pluie et du vent.

14. Un négociant de New-York adresse à la Nouvelle-Orléans une communication commerciale ainsi conçue :

New-York, le 31 décembre.

Achetez 25 balles de coton à 9 cent. par livre sterling, et 300 barils de porc à 8 cent. par livre sterl.

Ainsi, le télégraphe peut donner les moyens, en quelques minutes, de conclure une affaire qui demande maintenant quatre ou cinq semaines pour être terminée.

15. En mars dernier, le chef de gare d'Amiens prévint le directeur du télégraphe qu'une pauvre femme avait laissé dans un wagon de troisième classe un panier renfermant toute sa fortune (2,500 fr. environ). Le train parti pour Arras devait y arriver dans 15 minutes et ne séjourner que 5 minutes.

La dépêche fut comprise et remise au chef de gare d'Arras avant l'arrivée du convoi. Le panier fut retrouvé, et la nouvelle en parvint à Amiens au moment où le train partait pour Lille.

16. Au mois de janvier 1844, un assassinat fut commis à Salt-Hill, et l'assassin, s'étant rendu immédiatement à Slough, y prit une place pour Londres dans le convoi du chemin de fer qui passait à 7 heures 42 minutes du soir.

La police, avertie du crime, était déjà à la poursuite du coupable. Elle arriva à Slough presque au moment où le convoi devait arriver à Londres. Mais le télégraphe électrique fonctionnait. Aussitôt on envoya à Paddington le dépêche suivante : « Un meurtre vient d'être commis à Salt-Hill. L'individu soupçonné d'être l'auteur de ce crime a été vu prenant un billet de voiture de première classe. » Trois minutes après, la réponse suivante arrivait à Slough : « Le convoi vient d'arriver : un individu répondant sous tous les rapports au signalement donné par le télégraphe est sorti du compartiment désigné. Il est arrêté. »

17. Il y a peu de temps, un convoi du chemin de fer avait apporté, à Norwich, la nouvelle de la chute du pont suspendu de Yarmouth. Qu'on juge de l'inquiétude et de l'effroi des habitants; ils avaient presque tous leurs enfants en pension à Yarmouth. Ils coururent en foule à la station du chemin de fer, demandant à grands cris des nouvelles de leurs enfants. « Tous les enfants sont sauvés, » dit le télégraphe électrique.

18. Le télégraphe électro-magnétique établi entre Baltimore et Washington a donné des résultats qui dépassent toutes les espérances depuis que cette voie de communication a été placée aux mains de l'administration des postes. Au moyen du télégraphe, on transmet continuellement la correspondance entre les marchands de deux villes. Il arrive fréquemment que des ordres reçus ici pour Washington, à une heure de l'après-midi, sont exécutés de suite, et que les marchandises emballées sont prêtes à partir par le convoi de trois heures, ou encore que de petits paquets demandés à quatre heures et demie sont expédiés par le convoi de cinq heures, qui arrive à Washington à sept heures et demie. Il y a entre Baltimore et Washington une distance de 75 milles anglais, environ vingt-cinq lieues.

19. Le 11 décembre 1849, dit M. Walker, au grand étonnement des habitants de Paris, trois individus vinrent à la Bourse à une heure et demie, avec 150 exemplaires du *Times*, imprimés à Londres le matin du même jour; et non-seulement le *Times* contenait les nouvelles de Paris de la veille au matin, mais encore les cours de fermeture de la Bourse de la veille au soir. Le télégraphe électrique contribua pour beaucoup à la réalisation de ce fait. A une heure huit minutes, la dépêche de 321 mots, et le cours de la Bourse, équivalant à 55 mots, nous furent remis à Douvres par la malle ordinaire

de Calais. En trente-deux minutes, c'est-à-dire juste à une heure quarante minutes, nous remettions copie correcte de ces documents au bureau du *Times*, à Londres. La dépêche nous occupa dix-huit minutes, ce qui fait dix-sept mots $\frac{5}{6}$ par minute; le cours de la Bourse nous prit deux minutes seulement. Il est vrai que presque tout le cours était transmis à l'avance, puisqu'il n'y avait de nouveau que les fluctuations du jour. De fait, les mots se lisaient plus vite que l'écrivain de Londres ne pouvait les écrire convenablement.

20. Les services rendus au public par le télégraphe électrique, pendant les différentes phases de la dernière révolution française, furent très-grands. Les premières nouvelles de cet événement arrivèrent en Angleterre par un bateau pilote, et furent immédiatement transmises à la métropole. A partir de ce moment, jour par jour, et pour ainsi dire minute par minute, un flot continu de correspondances arrivait à Londres par le fil magique. Pendant que le commissaire et les directeurs des chemins de fer étaient nuit et jour à la station télégraphique de Londres, afin de procurer toutes les facilités possibles de renseignements exacts au gouvernement, à la presse et au public, dans ce moment de surexcitation, le directeur des télégraphes s'était installé sur la côte, aux stations de Douvres et de Folkstone, pour recevoir les avis et les transmettre à Londres. De cette façon, chaque scène successive de la révolution, aussi bien que son effet sur les autres contrées continentales, arrivaient instantanément à Londres par la ligne télégraphique; ce qui permit de prendre beaucoup de dispositions importantes aux villes de la côte intéressées dans ces événements.

Toute la semaine, le temps fut humide, orageux, et aussi défavorable que possible à la marche d'un télégraphe; de plus, les fils de gutta-percha n'étaient pas encore posés dans les tunnels; on était précisément occupé à installer, quand les premières nouvelles arrivèrent, une partie des fils du viaduc dans les jardins du Bermondsey; et cependant aucun retard, aucune erreur, aucune omission n'eurent lieu. Toutes les dépêches qui furent confiées au télégraphe suivirent le fil en toute sûreté et arrivèrent à leur destination.

21. Le courrier envoyé de Paris vers midi apporte en Angleterre les dépêches contenant les dernières nouvelles, destinées à paraître dans le journal du matin. A cet effet, il faut qu'une copie en soit remise à l'éditeur de Londres vers trois heures du matin. Les dépêches

nous parviennent à Douvres peu après l'arrivée du paquebot, qui est subordonnée au vent et à la marée L'employé de service à Douvres, après avoir jeté un coup d'œil rapide sur le manuscrit et avoir reconnu que tout lui était facilement intelligible, s'adresse à Londres et commence la transmission. La nature de ces dépêches peut se voir journellement dans le journal anglais le *Times*. La variété des nouvelles et les changements continuels des noms et des places montrent bien les ressources qu'offre maintenant le télégraphe électrique. L'employé, qui est tout seul, met le papier devant lui, bien au jour, s'assied à l'instrument, et donne la dépêche, lettre par lettre et mot par mot, à son correspondant de Londres; et quoique l'œil aille vivement de la copie manuscrite à l'instrument télégraphique, qui occupe ses deux mains, il est rarement obligé de s'interrompre et ne commet presque jamais d'erreur; et cependant, en raison de l'extrême limite de temps qu'il a pour compléter toute son opération, il ne peut pas, comme le compositeur d'imprimerie, *corriger sa copie*. A Londres, il y a deux employés à la besogne : un qui lit les signes à mesure qu'ils arrivent, et un autre qui les écrit. Ils ont préparé d'avance leurs livres et leurs papiers; et, aussitôt que le signal d'avertissement est donné, l'écrivain se met devant son livre-journal, et le lecteur lui transmet distinctement, un à un, les mots qui arrivent ; en même temps, un commissionnaire est allé chercher un cabriolet qui se trouve aussi tout prêt. Quand la dépêche est terminée, l'employé qui l'a reçue lit le manuscrit de l'autre pour voir s'il ne s'est pas trompé. L'heure et la minute sont notées au commencement et à la fin ; on signe une copie qu'on envoie cachetée à sa destination ; la transcription sur le journal reste comme copie de bureau, et comme mot à mot authentique de la dépêche transmise. La copie et l'original se retrouvent ensemble au bureau central de Tonbridge, de bonne heure, et sont comparés. Quand le travail est fini et la dépêche envoyée à sa destination, les employés comptent le nombre de mots et le nombre de minutes, et en font la moyenne par minute. Ordinairement on trouve de douze à quinze mots par minute ; il est même très-ordinaire d'avoir dix-sept ou dix-huit mots par minute, et même vingt. En fait, quand tout va bien et que l'isolement est bon, on peut compter sur dix-sept ou dix-huit mots. La liste suivante de dix-sept dépêches qui ont été transmises dans une semaine du mois d'août 1849 peut servir de document :

| | | |
|---|---|---|
| 364 mots. | 13 $\frac{1}{2}$ mots | par minute. |
| 166 — | 8 $\frac{1}{4}$ | — |
| 383 — | 14 $\frac{1}{2}$ | — |
| 447 — | 17 $\frac{1}{4}$ | — |
| 101 — | 20 $\frac{1}{5}$ | — |
| 288 — | 17 | |
| 274 — | 15 $\frac{1}{4}$ | — |
| 166 — | 15 $\frac{1}{7}$ | — |
| 102 — | 12 $\frac{3}{4}$ | — |
| 334 — | 17 $\frac{1}{2}$ | — |
| 75 — | 18 $\frac{1}{4}$ | — |

« Cette rapidité est si grande, ajoute M. Walker, que l'on pourrait facilement réduire les prix de transmission par le télégraphe électrique au point de faire concurrence à la poste aux lettres, et d'obtenir ainsi une grande augmentation de besogne. Mais je ne crois pas qu'un tel état de choses soit à souhaiter, car notre spécialité en souffrirait : chacun aurait à attendre jusqu'à ce que le message d'un autre fût parti, et le télégraphe, au lieu d'être en général libre quand on en a besoin, ou du moins de ne pas faire perdre trop de temps à ses clients toujours pressés, serait toujours occupé, et il faudrait tant de temps aux messages pour que leur tour de partir arrivât, que l'objet essentiel du télégraphe serait manqué. »

## SERVICES RENDUS AUX CHEMINS DE FER PAR LE TÉLÉGRAPHE ÉLECTRIQUE.

« La télégraphie électrique, dit M. Walker, est grandement redevable aux chemins de fer, du moins pour la main amicale qu'ils lui ont tendue et pour la protection qu'ils lui ont donnée : il est de fait que, sans eux, l'invention serait restée longtemps à l'état de conception sans application ; ils lui ont donné des sentiers tout frayés qui lui ont permis de mettre sa valeur en évidence. Aussi l'enfant n'a pas été ingrat envers son père nourricier : il a rendu dix fois plus qu'il n'avait reçu. Les paisibles poteaux et les conducteurs silencieux, le zinc et le vitriol, le cuivre, l'ivoire, la poterie et le gutta-percha entrent pour une plus grande part dans l'économie d'un chemin de fer que ne peuvent le supposer les actionnaires.

» Pour avoir une idée des services que peut rendre cette invention aux chemins de fer, prenez le travail fait à la station de Tonbridge pendant les trois mois d'août, septembre et octobre 1848. En s'en rapportant au livre des messages, où il est d'habitude d'inscrire toutes les communications, on voit qu'il est passé dans cet intervalle plus de *quatre mille* messages, que j'ai soigneusement classés comme suit :

| | | messages. |
|---|---|---|
| 1° Concernant | les trains ordinaires. . . . . | 1,468 |
| 2° — | trains spéciaux. . . . . | 429 |
| 3° — | voitures et différents ustensiles. . | 795 |
| 4° — | employés de la compagnie. . . . | 607 |
| 5° — | machines. . . . . | 150 |
| 6° — | divers sujets. . . . . | 162 |
| 7° Messages | adressés à d'autres stations. . . . | 499 |
| | Total. . . . . | 4,110 |

» Il serait trop long de faire l'analyse complète de ces sept groupes ; le lecteur peut bien s'imaginer que, dans ce qui concerne les convois, tout ce qui touche à la marche ou à la sûreté d'un train a été mille fois l'objet des signaux télégraphiques, et cela depuis l'instant de son départ jusqu'à ce qu'il ait atteint le but de son voyage, annonçant sa marche et son arrivée d'une manière aussi distincte et aussi palpable aux yeux de l'esprit que si on le voyait réellement passer avec ses propres yeux. C'est si vrai que nous sommes habitués à dire : *je vois passer* le convoi à tel ou tel endroit, quand, en réalité, nous ne voyons que le *signal télégraphique.* Si les trains sont en retard, la cause en est connue ; s'ils sont en détresse, ils ont bientôt du secours ; s'ils sont pressés et s'ils ne vont que lentement, ils demandent du renfort qu'on leur envoie ou qu'on leur prépare ; s'il y a quelque chose d'extraordinaire sur la ligne, ils en sont prévenus, et par conséquent mis à l'abri de tout embarras ; s'ils sont arrêtés faute de pouvoir marcher, on n'a plus besoin d'envoyer une machine à la découverte : quelques déviations d'aiguille donnent tous les renseignements nécessaires.

» Les *trains spéciaux* ne peuvent être réellement spéciaux que sur un chemin de fer ayant un télégraphe. Mon idée d'un tel train est qu'on puisse l'avoir à *souhait*, et que le *chemin soit libre* devant

lui. Sur un chemin de fer comme celui du Sud-Est, qui est la grande voie entre le continent et l'empire britannique, des courriers, comme cela arrive, peuvent débarquer à toute heure, sans qu'on en soit nullement averti, et avoir besoin de se rendre immédiatement à Londres. Que le bateau à vapeur arrive à Folkstone avec des dépêches pour les journaux du matin, et pleines de grands événements nouveaux qui se rapportent à la guerre ou aux apparences de guerre, aux trônes qui chancellent ou aux couronnes qui tombent, circonstances qui n'étaient pas rares dans l'année 1848, le courrier ne doit pas redouter de manquer le train, ni craindre d'arriver trop tard à Londres pour la *première édition*. S'il ne trouve pas de machine à Folkstone, le télégraphe lui en aura bientôt fait venir une d'où il s'en trouve en réserve; mais non-seulement cela, il fera encore tenir la voie libre devant lui, en prévenant à temps le train qui le précède de se ranger pour qu'il passe. Sur une ligne comme celle-ci, le voyageur qui se trouve dans le train en avant n'a pas à craindre qu'une machine impétueuse, portant avec elle la destruction et la mort, s'élance subitement sur lui. Les conducteurs de son train sont avertis par le télégraphe de ce qui vient derrière; ils savent l'heure et l'endroit où il faudra se ranger pour déblayer le chemin. Plus de quatre cents signaux en trois mois prouvent combien on peut régulariser la course des trains spéciaux et contribuer au confortable des voyageurs par les télégraphes.

» Une somme donnée de travail s'accomplit avec un moindre fonds de roulement sur un chemin de fer à télégraphe bien établi que partout ailleurs; on y dépense beaucoup moins de travail à parcourir inutilement la ligne. Cette économie produite par le télégraphe est grande. Journellement et presque à tout moment, les stations ont des besoins imprévus de voitures ou d'autres objets que peuvent leur procurer d'autres stations averties par le télégraphe, qui est un moyen bien moins dispendieux que tout autre. Dans l'espace de trois mois, il a été récemment fait environ mille demandes de voitures et autres objets. L'urgence ou l'opportunité de ces demandes est parfois singulière. A une petite station, dite Headcorn, il arriva inopinément une quantité de houblon du voisinage; il n'y avait ni trucks, ni bâches, les dernières venaient justement d'être renvoyées; le temps était sombre et menaçant, de grosses gouttes commençaient à tomber; le magasin et les tentes étaient pleins. On fit savoir l'embarras dans lequel on se trouvait à Ashford, sans résultat; à Cantorbéry, presque en

vain ; à Tonbridge, qui ne put envoyer que quelques trucks, mais sans bâches pour les couvrir ; au dépôt enfin, d'où l'on envoya tout ce qu'il fallait. Si toutes ces allées et venues s'étaient faites par lettres, envoyées par un train, le mal aurait été fait quand les objets destinés à l'éviter seraient arrivés; car la lettre aurait d'abord été adressée à l'administration générale, à Londres, où elle serait probablement restée jusqu'au départ du train pour une des stations, Cantorbéry, par exemple, où l'employé sait, par les rapports de mouvements, que les objets demandés se trouvent. A Cantorbéry, l'objet aurait pu se trouver occupé, ou même, en supposant qu'on pût le prêter, on n'aurait pas eu immédiatement à sa disposition les moyens de l'envoyer.

» Outre les messages indiquant les besoins journaliers, on a encore la ressource de donner au chef du dépôt un rapport de toutes les stations, lui indiquant, tous les matins, ce qui se trouve dans chacune d'elles.

» Plus de six cents messages, en trois mois, entre l'administration, les directions et les subordonnés, prouvent assez l'espèce d'omniprésence que peut donner le télégraphe à une direction de chemin de fer. Il lui épargne de longues heures d'attente, lui évite des voyages, des allées et venues qu'il faudrait faire, et lui abrége ainsi bien des inquiétudes. Il résulte beaucoup de confiance dans le service de ce que l'administration puisse donner les instructions inopinément nécessaires, et être toujours consultée, au besoin, par ses employés de toutes les parties de la ligne.

» Nous avons déjà vu que le télégraphe communique la situation des trains qui sont dans l'embarras aux stations pourvues de locomotives disponibles ; il règle aussi l'envoi des machines, quand il arrive un accident qui nécessite un nouveau renfort, ou quand on a besoin de provisions extraordinaires. Mais l'économie la plus importante que peut procurer le télégraphe est la réduction du nombre des conducteurs de machines. Il y avait ici deux stations, et peut-être trois, qui avaient d'abord des conducteurs et qui maintenant n'en ont plus; quand il faut des machines, on se les procure par le télégraphe. Sur une partie de la ligne encore sans télégraphe, on pourrait supprimer un conducteur si le télégraphe y était. Maintenant, comme l'*entretien et les gages pour une simple machine* coûtent par semaine une *somme plus considérable* que celle qu'il faudrait payer à *toute une division de commis de télégraphe*, si l'on supprimait seule-

ment une machine, et par conséquent les mécaniciens et les ouvriers employés aux réparations et au maintien de la ligne en bon état, il résulterait de cette comparaison une grande différence à l'avantage du télégraphe.

» Dans le journal *The Times* du jour où j'écris ceci se trouve la preuve de l'état auquel un train peut se trouver réduit quand il est dépourvu de l'aide d'un télégraphe. Une personne avait passé la journée à un établissement de bains, et, ainsi que beaucoup d'autres, y était restée jusqu'au « dernier convoi. » Le train arrivé, quand tout le monde fut placé, vingt-sept voitures étaient remplies. La machine allait facilement avant cette surcharge ; mais alors elle n'avança plus que péniblement. « Nous allions, écrit-on, un train de limaçon, nous arrêtant comme d'habitude aux diverses stations avant que d'arriver au milieu du grand tunnel, où nous nous arrêtâmes tout à fait, et où nous restâmes presque suffoqués par la vapeur et la fumée durant trente-cinq minutes, au milieu des cris des femmes des secondes et des troisièmes, qui étaient dans une obscurité complète... » La position n'était assurément pas très-plaisante, et l'on se demandait, avec raison, « si le train était trop considérable pour une machine, pourquoi ne pas en avoir mis deux ? » Mais on ne pouvait pas alors en demander une autre. Le conducteur aurait sans doute dû voir que le nombre de voyageurs était trop considérable pour sa machine, mais il n'avait aucun moyen à sa disposition, il fallait donc tâcher de faire de son mieux ou laisser une partie des voyageurs, et cela parce qu'il n'y avait pas de télégraphe pour demander de l'aide.

» Comme contre-partie de ce qui précède, on peut citer le fait suivant : Une des institutions charitables de Londres donna aux enfants une récréation à Tunbridge Wells : ils occupèrent tout un grand convoi spécial. La machine qui conduisait le train partant de Londres n'aurait pas pu monter la pente de l'embranchement qui quitte à Tonbridge la ligne principale ; et la machine de relais était occupée d'un autre côté. A l'instant le télégraphe ordonna à la machine de Tunbridge Wells de venir, et elle se trouvait à la jonction avant la machine elle-même qui en avait besoin. Je pourrais remplir ce livre d'anecdotes semblables.

» Le jour du nouvel an 1850, le télégraphe prévint une catastrophe dont la seule pensée glace d'épouvante. Un train vide s'étant choqué à Gravesend, le conducteur fut jeté hors de la locomotive, et celle-ci

continua à courir à grande vitesse vers Londres. Avis fut immédiatement donné à Londres et aux autres stations, et pendant que la ligne était libre, une machine et d'autres dispositions se préparaient pour recevoir la fuyarde. D'un autre côté le directeur partit avec une machine sur la ligne; manœuvra de manière à laisser passer l'autre, puis à se mettre en chasse après elle sur la même ligne, et le conducteur de sa locomotive s'étant emparé de la fugitive, tout danger disparut. Douze stations furent traversées sans accident : la machine passa à Woolwich en faisant quinze milles à l'heure; elle était environ à deux milles de Londres quand on l'arrêta. On peut dire que si l'on n'avait pas été averti de son arrivée, le montant du dommage qu'elle aurait causé aurait équivalu à la dépense de toute la ligne télégraphique. Le télégraphe a ainsi payé, ou en grande partie, son installation. Quelques mois auparavant, une machine partit de *New-Cross* vers Londres : la compagnie de Brighton n'ayant pas de télégraphe, il ne fut pas possible d'avertir de son approche : heureusement la plate-forme d'arrivée était libre, la machine poussa devant elle le tampon fixe, et renversa, avec une violence effrayante, le mur du bureau des bagages. »

M. Coocke, l'associé infatigable de M. Wheatstone, a publié sous ce titre LES VOIES DE FER TÉLÉGRAPHIQUES, *ou les Lignes de fer à voie unique recommandées sous le triple rapport de la sûreté, de l'économie, et du trafic étendu qu'elles peuvent acquérir avec le secours et le contrôle du télégraphe électrique*, une brochure importante que nous analyserons rapidement; nous mettrons ainsi mieux en évidence les services que les chemins de fer peuvent attendre des télégraphes électriques.

Le but que l'auteur veut atteindre est exprimé dans ces quelques mots :

1° Arriver à écarter des chemins de fer les dangers qu'ils présentent, et donner au trafic dont ils sont l'instrument toute la perfection, la rapidité et l'étendue possibles, et cela par des moyens qui ne coûtent guère plus que les moyens actuels. 2° Combattre efficacement les objections faites contre les chemins à simple voie, en leur assurant la sûreté et la facilité de parcours que l'on n'a obtenues jusqu'ici que sur les chemins à double voie.

On peut admettre que la sécurité et le trafic ont atteint, sur les grandes lignes anglaises, toute la perfection à laquelle des moyens d'ordre ordinaire permettaient d'aspirer; que si la vigilance et la

ponctualité qui doivent présider aux départs et aux arrivées des convois sont ce qu'elles peuvent, ce qu'elles doivent être, les catastrophes seront presque impossibles, la circulation des transports ne laissera rien à désirer.

Or, cette vigilance et cette ponctualité d'ailleurs seraient grandement accrues, évidemment, si l'on se trouvait en état de voir en un moment, d'un seul coup d'œil, l'ensemble de tous les convois, le lieu que chacun d'eux occupe sur la ligne, à un instant quelconque; alors la chance d'une collision serait la plus petite possible. Si le moyen par lequel on réalisera cette vue simultanée d'une longue voie de fer n'entraîne que des dépenses minimes, les administrations des chemins de fer devront au public, et se devront à elles-mêmes de le mettre en usage, tant pour entourer de toutes les sécurités possibles la vie des voyageurs, que pour éloigner à jamais ces terreurs paniques qui nuisent plus qu'on ne pense aux intérêts des compagnies.

Nécessaires même pour les chemins à double voie, ces avantages sont requis beaucoup plus impérieusement encore pour les parcours où, à cause des difficultés du terrain et des limites restreintes du trafic, il devient impossible d'établir une double voie sans compromettre le succès de l'entreprise au point de vue financier; il arrive chaque jour qu'on soit obligé de construire des chemins de fer à voie unique, comme prolongement surtout des lignes principales.

Mais par quel moyen arrivera-t-on à réaliser cette sécurité absolue? Une voiture ordinaire chemine avec sûreté sur une route, même étroite; car si une seconde voiture veut la devancer, elle peut s'arrêter brusquement pour faire place, et elle peut prendre à droite ou à gauche pour éviter l'équipage qui vient à elle de front. Il n'en est pas ainsi d'un convoi sur les chemins de fer; la vitesse excessive, le peu d'adhérence des roues à la voie, et surtout l'impossibilité absolue de quitter la ligne droite qu'il suit exigent que le conducteur de la locomotive soit averti longtemps d'avance de l'arrivée des trains qui précèdent ou qui suivent, afin qu'il puisse épuiser peu à peu, par l'action renversée de la vapeur et la pression des freins, la vitesse acquise de son convoi.

Cette inflexibilité de la progression sur les voies de fer entraîne, par sa nature même, la possibilité d'une collision. On cherche à l'éviter sur les chemins à double voie, en faisant en sorte que deux convois ne se rencontrent jamais sur une même voie; sur les autres,

en mettant entre les départs un intervalle de temps suffisant ; mais une foule de circonstances, qu'il serait trop long d'énumérer, déjouent les précautions les plus minutieuses, et de nouveaux accidents viennent prouver chaque jour l'inefficacité des moyens actuels. Et cependant, comme le disait la commission des chemins de fer de la Chambre des communes en Angleterre : Ce qu'il faut dans les chemins de fer, c'est, non pas une sécurité relative, mais une sécurité absolue; le public est en droit d'exiger le plus haut degré possible de sûreté, et l'on serait mal venu à lui dire qu'il n'a pas le droit de se plaindre, sous prétexte que de fait, les accidents sur les voies de fer ne surpassent, ni en nombre, ni en gravité, les accidents inhérents aux routes ordinaires.

Ces quelques réflexions prouvent assez qu'il fallait nécessairement établir sur les voies de fer d'autres régulateurs que les chronomètres et la prudence du mécanicien; aussi, presque dès l'origine, on eut recours à des procédés télégraphiques pour signaler les convois à la plus grande distance possible, et indiquer aux conducteurs l'état actuel de la voie.

Mais la télégraphie électrique pouvait seule remplir parfaitement le but; l'électricité, qui se meut avec une vitesse infiniment supérieure à celle des chemins de fer, pouvait seule, en devançant les convois par bonds immenses, assigner à chaque instant leur position et la rapidité de leur marche. Seule, quelque petit que soit l'intervalle des deux stations, elle peut signaler à temps la présence d'un convoi dans cet intervalle; de telle sorte qu'un autre convoi, prévenu de cette présence, s'arrête à la station et attende le passage du premier convoi. De cette manière, toute collision, toute rencontre devient impossible, même sur un chemin à simple voie.

Pour mieux faire comprendre cette vérité essentielle, développons avec quelques détails le plan d'un chemin de fer à simple voie, mais avec la télégraphie électrique. M. Coocke prend pour application de son système le chemin de fer connu en Angleterre sous le nom de Midland-Counties-Railway, qui se relie au chemin de Londres à Birmingham, ainsi qu'à plusieurs autres chemins de fer du nord; et qui, soit par la masse de ses transports, et le nombre de ses embranchements, présente un service particulier d'une excessive irrégularité. Le premier pas à faire pour simplifier et régulariser autant que possible l'exploitation d'un chemin de fer, c'est de le partager en sections

de cinq à huit lieues, et d'établir sur chaque section des stations séparées entre elles par des distances d'une à deux lieues : c'est ce qui a lieu de fait sur la plupart des chemins actuels. Le chemin de fer de Midland-Counties a à peu près 50 milles de longueur, et il est naturellement partagé en trois grandes sections : la section nord de Derby à Longborough a 17 milles, la section moyenne de Longborough à Leicester a 13 milles ; la section sud de Leicester à Rugby est de 20 milles. La section nord est partagée par les stations actuelles en trois sous-sections ; la section du milieu en trois ; la section sud aurait ciuq divisions, si l'on ajoutait, comme il est nécessaire, une station spéciale d'évitement entre Ullestrope et Rugby. Chacune des trois grandes sections, quoique liée étroitement aux deux autres, peut être considérée en elle-même comme un chemin de fer spécial. Cela posé, voici ce que devra être l'ensemble complet de télégraphie électrique appliqué à cette ligne, en admettant que l'élément de chaque appareil, soit, comme à Blackwall une simple aiguille déviée à droite ou à gauche par le passage du courant, et un timbre ou alarme.

*Section du nord.* — De Derby à Longborough : chacune des cinq stations, Derby, Borrowast, Sawley, Kegworth, Longborough, est pourvue d'un appareil télégraphique composé de cinq aiguilles inscrites sous les noms de ces mêmes stations et d'un timbre ou réveil : si l'on incline l'une quelconque des manivelles à droite ou à gauche, c'est-à-dire si l'une quelconque des aiguilles est déviée à droite ou à gauche, toutes les aiguilles portant le même nom de station sont déviées de la même manière.

*Section du milieu.* — De Longhboroug à Leicester : en outre de l'appareil à cinq aiguilles que nous y avons déjà placé, Longhborough reçoit et partage avec chacune des trois autres stations, Sileby, Syston, Leicester, un nouvel appareil à quatre aiguilles, portant les noms des stations Longhborough, Sileby, Syston, Leicester, et un alarme : ici, comme précédemment, comme toujours, les aiguilles de même nom s'inclinent toutes dans le même sens.

*Section du sud.* — De Leicester à Rugby : en outre de l'appareil à quatre aiguilles dont elle est déjà pourvue, la station de Leicester reçoit, avec chacune des cinq autres stations, Wigston, Broughton, Ullestrope, Siding et Rugby, un nouvel appareil de cinq aiguilles portant les noms des stations de la section et un alarme. En général donc, chaque station est pourvue d'un appareil à autant d'aiguilles

qu'il y a de stations dans la section dont elle fait partie, à l'exception de la première et de la dernière station de toute section intermédiaire qui sont pourvues de deux appareils ayant l'un autant d'aiguilles qu'il y a de stations dans la section qui précède, l'autre autant d'aiguilles qu'il y a de stations dans la section qui suit : et toutes les aiguilles qui, sur la ligne, portent un même nom, liées entre elles par un même fil, déviées par un même courant, sont constamment parallèles et dirigées dans le même sens, verticalement, à droite ou à gauche.

Si l'un des gardiens du télégraphe, celui de Longhboroug, par exemple, a besoin de correspondre avec un autre gardien, celui de Leicester, par exemple, il n'emploie que sa propre aiguille et celle de son correspondant. S'il veut agir sur le télégraphe de son correspondant, il fait d'abord sonner le timbre d'alarme ; puis, en même temps qu'il donne un signal, il annonce d'où vient le signal. Après ces préliminaires, les deux employés correspondent l'un avec l'autre au moyen de leurs deux aiguilles, comme ils le feraient avec un seul appareil à deux aiguilles, c'est-à-dire qu'ils peuvent se transmettre toute espèce de dépêches. Les doubles appareils, placés aux stations extrêmes des sections intermédiaires, fournissent évidemment le moyen de transmettre à toute l'étendue de la ligne une nouvelle qui, sans cela, ne circulerait que dans la section.

Voyons maintenant comment, après cette installation facile d'appareils télégraphiques, on pourra diriger parfaitement la marche des convois sur le chemin de fer. Suivons, par exemple, dans sa marche, un extra-train, un train inattendu, en dehors du service habituel, et qui doit aller de Derby à Rugby. Quelques minutes avant que le train sorte de Derby, le surveillant fait sonner le timbre d'alarme de Borrowash. Puis, tournant vers la gauche la manivelle de Derby, il fait dévier vers la droite toutes les aiguilles qui portent sur la section le nom de Derby ; il fait ainsi connaître au surveillant de Borowash, et aux surveillants de toutes les autres stations, qu'un train sur le point de partir attend seulement que la voie soit libre. Si la voie est libre en effet, le gardien de Borrowash, en tournant à son tour sa manivelle à gauche, fait dévier à droite toutes les aiguilles qui portent le nom de sa station ; cette correspondance est l'affaire d'un clin d'œil. Quand tout est prêt, le surveillant donne l'ordre du départ, et aussitôt que le train se met en mouvement, il ramène sa manivelle et par suite son aiguille à la position verticale ; et toutes les

aiguilles Derby de la section, en revenant à cette même position, indiquent qu'un train, parti de Derby, se trouve entre Derby et Borrowash. Par cette annonce anticipée, le gardien de Sawley est en mesure de transmettre au gardien de Borrowash le signal *Hinzug*, *marchez*, pour que celui-ci puisse indiquer au train qui s'approche que la voie est libre et qu'il peut poursuivre sa route. Comme la distance entre Derby et Borrowash est de quatre milles, le train met à peu près huit minutes à la franchir; et ces huit minutes sont un espace de temps suffisant pour qu'en cas de négligence du gardien de Sawley, le gardien de Borrowash puisse exciter son attention en sonnant sa cloche d'alarme, lui demander si la voie est libre, et recevoir la réponse avant l'arrivée du convoi. Bientôt on voit le train arriver à Borrowash; s'il ne doit pas s'arrêter à cette station, on donne au conducteur le signe ordinaire de continuer sa route. En même temps, le gardien du télégraphe ramène sa manivelle à la position verticale, toutes les aiguilles Borrowash redeviennent verticales et annoncent qu'un train en marche sort de Borrowash et se trouve sur la route de Sawley : on continue de la même manière, tant que la route est libre.

Avant que le train atteigne la dernière station de la section nord, un signal, parti de Longhborough vers Leicester, annonce à toute la section du milieu qu'un convoi va partir tout à l'heure; comme Leicester reçoit, en même temps que Longhborough, la nouvelle de l'arrivée d'un convoi, et que les deux arrivées sont séparées par l'intervalle d'une demi-heure au moins, on a, comme on le comprend facilement, tout le temps nécessaire pour ranger les wagons de bagage, qui pourraient se trouver sur la voie. Les surveillants de la section ont aussi le temps de déterminer le lieu où les convois, qui vont au-devant l'un de l'autre, doivent s'éviter mutuellement. Pour procéder dans ce cas avec régularité, on doit à l'arrivée du convoi dans la station intermédiaire fixer sur la feuille de route la station à laquelle il doit d'abord s'arrêter, pour attendre que l'autre soit passé : quand le choix est fixé, on expédie par le télégraphe à la station dont il s'agit l'ordre de s'arrêter. Si par un accident quelconque l'un ou l'autre des convois était en retard, on modifierait par le moyen du télégraphe l'ordre primitivement donné, en désignant à l'aide de la feuille de route la nouvelle station d'arrêt.

Supposons qu'entre Sileby et Syston il y a quelques wagons de

marchandises ; que la permission de les laisser sur la voie a été demandée aux stations de la section à peu près dans ces termes : Des wagons de marchandise devraient rester sur la ligne entre Sileby et Syston de 2 à 5 heures ; et que les gardiens aient indiqué cette circonstance par le mouvement de leurs manivelles. L'extra-train que nous suivons dans sa course, venant à demander tout à coup que la voie soit libre plus tôt, on répond à cette exigence en envoyant par le télégraphe à Leicester la dépêche suivante : On fera suivre aux wagons de marchandise la voie latérale pour les faire entrer dans la gare d'évitement, et cela fait on signalera que la voie est libre. Dans le cas où quelque autre empêchement se présenterait, où une catastrophe, par exemple, aurait jeté sur la voie un convoi dont la présence n'aurait pas pu être signalée à temps, les autres trains continueront leur route, comme à l'ordinaire, jusqu'aux stations voisines, et aussitôt que le télégraphe aura annoncé leur arrivée ; avertis, ils s'avanceront jusqu'au point où les embarras existent, pour continuer définitivement leur route, après avoir échangé leurs passagers.

Revenons à l'extra-train, que nous pouvons supposer arrivé à Leicester : avant qu'il ne s'engage dans la section sud, on écrit sur la feuille de route qu'il rencontrera un autre train à Broughton, et qu'il le passera. Les deux trains ont donc reçu le même ordre et s'avancent l'un vers l'autre. Lorsque le train qui va s'approche de Wigston, le surveillant de cette station, qui a été prévenu d'avance que la voie vers Brougton est libre, donne la permission de s'avancer ; et dès que le convoi a passé, ramène de nouveau sa manivelle à la position verticale ; ce qui entraîne, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, la cessation de son signal ; on donne de la même manière au convoi qui vient l'autorisation de s'avancer vers Ullestrope, et les deux trains s'approchent en sens contraire vers Broughton, lieu de leur croisement.

Il suffira de quelques mots pour expliquer les signaux qui font obtenir ce résultat. Pour ce qui regarde notre extra-train, dès que, comme à l'ordinaire, le gardien de Broughton a connu, par la cessation du signal de Leicester, que le convoi se trouvait sur la voie entre Leicester et Wigston, il donne le signal d'avancer ; et ce signal, dans les cas ordinaires, persiste, sur l'appareil Broughton, jusqu'à ce que ce convoi approche de Broughton. Dans le cas actuel, le gardien de Broughton aurait à donner à la fois les deux signaux : *Hinzug*,

marchez; *Herzug*, venez; et pour cela il se sert momentanément de sa manivelle pour annoncer dans ces deux directions que la voie est libre, et que les rails d'évitement seront prêts à recevoir les deux trains qui vont se rencontrer. Aussitôt que le gardien de Wigston a donné le signal Wigston, le gardien de Broughton répète immédiatement le même signal Wigston, comme indication, que le train qui vient de Derby n'est pas encore arrivé à Broughton. Le signal *Herzug*, venez, sera reproduit de la même manière sur la section d'Ullestrope. Aussitôt que les deux trains se trouvent aux stations voisines de Broughton, les sections de Wigston et d'Ullestrope font connaître qu'ils ne se sont pas encore atteints, on envoie à Broughton le signal *arrêtez*, *Halt*, et les trains, en arrivant, circulent sur les rails de croisement qui leur étaient respectivement destinés. Maintenant, quand le gardien de Broughton cesse les signaux aux stations des sections de Wigston et d'Ullestrope, il fait entendre par là que les trains sont prêts à continuer leur route, et il fait aussitôt sonner les timbres d'alarme de Wigston et d'Ullestrope. Il ramène ensuite les manivelles à la position verticale. Les deux trains se trouvent alors dans le même cas que s'ils étaient prêts à partir d'une station extrême, et l'on transmet aux stations voisines les signaux déjà décrits de la même manière qu'on l'a fait au commencement du voyage.

Il serait inutile de suivre plus loin l'extra-train, car toutes les difficultés ont été examinées, et il ne peut survenir aucun obstacle qui ne soit levé sur-le-champ par les moyens énumérés.

Si, par une cause quelconque, on ne pouvait pas obtenir de réponse d'une certaine station, on enverra un signal à travers cette station aux stations voisines; après qu'on aura par là acquis la certitude qu'aucun autre train ne se trouve sur la voie dans l'intervalle à parcourir, on permettra au convoi de s'avancer avec précaution vers la station qui est restée muette; et le conducteur, après s'être assuré de la cause du silence, signalera par le télégraphe son arrivée et son départ.

Suivant la règle universellement adoptée sur les chemins à double voie, on donne au convoi qui arrive le signal de continuer sa route sans l'obliger à s'arrêter. Il est très-nécessaire, sur les chemins à simple voie : 1° qu'aucun train ne quitte la station sans avoir reçu un ordre spécial et positif; 2° que l'état de repos de l'indicateur de la station soit regardé comme constatant un danger, et nullement comme

un signal de sécurité ; 3° que par conséquent aucun convoi ne s'avance vers une station sans qu'un signal particulier ait expressément indiqué que tout est prêt pour le recevoir : il n'y aura ainsi aucun danger à redouter, alors même que le gardien, effrayé du péril, aurait perdu la présence d'esprit nécessaire pour donner le signal d'arrêt. Le télégraphe à cadran, muni de chiffres, éclairé pendant la nuit, suffira pleinement à ces indications.

Avec ces précautions, chaque train pourra, si l'on veut, devenir un extra-train ; avec cette seule différence, que les trains ordinaires se croisent et s'évitent dans des stations fixes et déterminées une fois pour toutes ; tandis que pour les trains extraordinaires, comme pour les trains ordinaires en retard, le croisement et l'évitement ont lieu sur des points fixés dans chaque cas particulier sur la feuille de route.

Les croisements de voies sont l'affaire des ingénieurs : il est très-important qu'ils soient tels, que le convoi faisant mouvoir lui-même la voie d'évitement prenne toujours sa droite, et que, s'il s'est fourvoyé, sa vitesse soit éteinte, soit par des appareils accessoires à tampons ou à ressorts, soit parce qu'on l'oblige à gravir un plan incliné à fortes pentes.

Si l'on a bien saisi les détails dans lesquels nous venons d'entrer, on comprendra sans peine qu'à l'aide du télégraphe électrique, les chemins à simple voie, qui sont souvent une nécessité, comme dans les pays accidentés, peuvent, sous le rapport de la sécurité et de l'étendue du trajet, rendre les mêmes services, avec beaucoup moins de dépenses, que les chemins actuels à double voie sans télégraphe. La confiance publique renaîtra, et cette confiance est une nécessité première : le comité des chemins de fer en Angleterre a constaté que l'arrivée d'un accident grave avait causé à la compagnie une diminution dans les recettes de 250,000 fr. ; que le nombre des passagers avait diminué de 10,000, ce qui est considérable, et aurait payé largement les frais d'établissement et d'entretien du télégraphe électrique. Ajoutons que cet accident entraîna la compagnie en question à des dépenses énormes pour le renouvellement et l'amélioration de son matériel.

Le télégraphe électrique a encore d'autres avantages, il réveille et excite l'attention des employés de la voie ; ils ne pourraient négliger un instant leur service sans être pris immédiatement en flagrant délit. Comme alors aussi tout accident, tout retard est signalé à l'instant,

les passagers qui attendent échapperont à ces longues heures d'impatience qui étaient pour tous un véritable supplice.

Les perfectionnements que nous venons de développer ne sont plus une utopie, le télégraphe électrique a été appliqué en Angleterre sur un grand nombre de chemins de fer, et partout il a rendu de la manière la plus efficace les immenses services qu'on en attendait : les commissions chargées de constater son utilité ont été saisies d'admiration ; elles ont déclaré hautement que les frais de son installation étaient mille fois compensés par les services de toute nature qu'ils rendaient sous le rapport de la sécurité, de l'augmentation du trafic, des économies du service, etc., etc.

On peut demander à cet admirable instrument beaucoup plus que M. Cooke ne l'a fait. Lors de son dernier voyage à Munich, M. Steinheil nous communiqua un plan très-ingénieux et encore plus utile, réalisé depuis sur le chemin de fer de Munich à Nannhoffen, dans les conditions suivantes : c'est M. Steinheil qui parle.

« L'administration avait en vue d'exercer un contrôle absolu et de connaître incessamment :

1° Le moment du départ de chaque train ;
2° La vitesse des trains en chaque point ;
3° La durée des stations ;
4° La présence à leur poste de chacun des gardes-lignes ;
5° Enfin, la durée du trajet total.

On désirait en outre que le conducteur en chef du train pût, des cabanes des gardiens, correspondre avec la station la plus voisine pour demander du secours, le cas échéant.

Le télégraphe devait enfin pouvoir, dans le moment où il n'y aurait pas de train sur la voie, être employé à la correspondance du service.

Pour atteindre ces divers buts, j'ai disposé l'appareil de la manière suivante :

Le conducteur commence par une plaque de cuivre de 240 pieds carrés de surface, roulée sur elle-même, et entre les spires de laquelle j'ai placé du charbon; ce rouleau est soudé au conducteur, puis plongé au fond d'un puits dans la gare de Munich. Le conducteur, formé d'un triple fil de cuivre tordu, passe sur des poteaux armés tout simplement de chevilles sur lesquelles le fil fait un tour après avoir été enveloppé de feutre.

| | | |
|---|---|---|
| Il y a de Munich à Passing | | 22,710 pieds. |
| de Passing à Lochhausem | | 17,290 |
| — | à Olching | 22,940 |
| — | à la Maisach | 19,674 |
| — | à Nannhoffen | 20,966 |
| | Total | 103,580 pieds. |

De la Maisach à Nannhoffen le fil est simple et se termine par une feuille de zinc de 240 pieds carrés de surface ; celle-ci est développée et fixée bien à plat au fond du lit de la Maisach.

Le conducteur est traversé par un courant galvanique très-fort, produit par les plaques terminales, qui décompose très-abondamment l'eau acidulée et possède une force suffisante pour produire les signaux ; l'intensité de ce courant n'a pas diminué après une année. Cette batterie, d'une extrême simplicité, paraît donc convenir particulièrement aux lignes télégraphiques qui opèrent au moyen de relais.

Dans le conducteur on a interposé : 1° à chaque station finale, des appareils électro-magnétiques ; 2° six bascules pour interrompre le courant aux 6 stations de Munich, Passing, Olching, Lochhausen, la Maisach et Nannhoffen ; 3° quarante-deux bascules pour interrompre le courant dans les quarante-deux guérites des gardiens de la voie ; 4° deux batteries de Daniel aux stations finales pour augmenter le courant, dans le cas où l'on aurait besoin d'une plus grande intensité de courant pour produire des signaux directement d'une de ces stations à l'autre.

Les appareils des stations finales sont destinés à l'enregistrement des contrôles.

Un cadran horizontal, mu par une horloge, fait un tour *en deux heures.* Sur le disque de ce cadran est placée une feuille de papier, dont le limbe est divisé de minute en minute et de manière à correspondre au mouvement de l'horloge ; cette division est imprimée en lithographie, et le papier qui la porte est maintenu sur le disque au moyen d'un anneau qui n'en pince que le bord extrême.

Maintenant, au dos de l'horloge est fixé un électro-aimant dont les deux pôles, dirigés en dessus et un peu plus haut que le cadran, se terminent par des surfaces unies. Au-dessus de celles-ci est placée l'armature ou contact dont le prolongement passe sur le cadran, dans le sens de son diamètre, et fait des marques sur le papier au moyen

d'une plume à réservoir, remplie d'une encre noire préparée à l'huile. Cette même pièce se termine par un marteau ; sous ce marteau un timbre de pendule est fixé par devant à la boîte de l'horloge. Comme le courant passe perpétuellement par le conducteur, l'armature est constamment attirée ; mais dès qu'on presse sur une des bascules qui se trouvent sur le conducteur, le contact se sépare, entraîné par un poids convenable. Aussitôt la plume s'appuie sur la surface du papier et le marteau tombe sur le timbre qui rend alors un son grave. Mais, comme la bascule referme bientôt le circuit, le courant reprend son cours par l'électro-aimant ; celui-ci attire son armature, et, par conséquent, la plume et le marteau se relèvent.

Dès lors, il y a sur le papier soit un point, si la plume n'est restée qu'un instant en contact avec lui, soit un trait, si elle y est restée un certain temps pendant que l'horloge entraînait le papier dans sa révolution. La longueur du trait embrasse donc autant de divisions du papier que la plume est restée de minutes appuyée sur lui.

Ainsi, sont déjà remplies une partie des conditions : supposons, en effet, que le premier gardien donne, au départ du train, un signal en abaissant sa bascule d'interruption, la plume formera au même instant sur le papier un point correspondant au moment du départ.

Dès que le train passe devant les 2e, 3e, 4e gardes-ligne, ceux-ci donnent le signal du passage au moyen de leur bascule. La distance sur le papier du premier point au second, du second au troisième et ainsi de suite, indique le nombre de minutes que le train a mis à venir d'un garde à l'autre, et comme on connaît la distance qui existe entre les deux guérites ; on connaît par là même la vitesse du train. Soit, en effet, la distance du 3e au 4e point égal à 1 minute ou à 60 secondes, on aura pour vitesse de train par seconde $\frac{1800}{60} = 30$ pieds.

Si le signal de l'un des gardes-ligne vient à manquer, ce sera la preuve qu'il n'était pas à son poste. Maintenant, quand le train arrive à une station, le chef de gare rompt le circuit au moyen de la bascule, et ne le rétablit qu'au moment du départ du train ; il se forme alors sur le papier un trait qui embrasse autant de minutes que la durée de la station elle-même. On a donc aux deux stations extrêmes un tableau exact et concordant de la marche du train. La feuille reçoit alors un numéro correspondant à celui du train, et l'on possède ainsi un document imprimé de la manière dont il s'est comporté.

S'il arrivait un accident au train, ce qui s'annoncerait déjà aux

deux stations extrêmes par l'absence des signaux des gardiens, le chef de gare se transporterait à la guérite du plus prochain garde et donnerait les signaux convenus aux stations finales, au moyen de la bascule. Il peut même, au moyen de cet appareil, établir une correspondance par lettres et mots. En effet, si l'on abaisse la bascule et qu'on la relève vivement, le marteau en frappant sur le timbre lui fait rendre un son aigu aux deux stations extrêmes; si on la tient, au contraire, un instant abaissée, le coup de marteau produit un son grave : ces deux signaux différents, que l'oreille distingue parfaitement, peuvent être groupés et former un alphabet, comme je l'ai déjà indiqué précédemment. Si l'on veut que de son côté le conducteur puisse recevoir une réponse des stations extrêmes, il suffit de lui donner un électro-aimant portatif, muni d'un marteau et d'un timbre, et dont il intercale le fil conducteur à la station du gardien. Entre les stations extrêmes la correspondance peut s'établir d'une manière identique.

On conçoit aisément que ce télégraphe devait avoir à lutter contre divers obstacles. Il faut, en effet, une surveillance minutieuse pour tenir en état de fonctionner un nombre aussi considérable d'interrupteurs, il n'y en a pas moins de cinquante. Mais il est une difficulté plus grande encore à vaincre, elle consiste en ce que ceux qui doivent surveiller ce télégraphe sont précisément soumis par lui à un contrôle sévère : d'où il suit qu'ils ont peu d'intérêt à faire tous leurs efforts pour mesurer sa marche régulière.

Il y a cependant des moyens de parer à chacun de ces inconvénients : pour le premier il suffirait de placer, comme cela se fait aux télégraphes américains, un *encliquetage* à chaque bascule d'interruption; le contact métallique serait ainsi très-sûrement rétabli après chaque transmission.

On ne parera au second inconvénient qu'en plaçant ici, comme partout en Prusse et en Autriche, un personnel d'inspection particulier aux télégraphes, de manière qu'il y ait au moins un inspecteur à chaque station; c'est sans doute beaucoup demander : cependant la négligence de l'administration à cet égard reçoit sa punition; car, là où le nombre des inspecteurs a été insuffisant, de grandes portions du fil conducteur ont été enlevées le long de la route, et les télégraphes se sont rarement trouvés en état de fonctionner. »

M. Bréguet, de son côté, a exécuté des appareils qui résolvent com-

plétement ce grand problème. Voici la description de son contrôleur automatique des différentes vitesses des chemins de fer, présenté à l'Académie des sciences dans la séance du 17 décembre 1849.

« Depuis longtemps, dit-il, on recherche les moyens de constater d'une manière rigoureuse la vitesse des trains sur tous les points d'une ligne de chemin de fer, ainsi que le temps écoulé à chaque station où s'arrête le convoi; mais, jusqu'ici, rien n'a parfaitement répondu au but proposé, parce que, dans ce qui a été tenté, on a toujours dû se servir de l'entremise d'un employé, et que, soit négligence, soit intérêt de sa part, les résultats obtenus n'ont été ni assez exacts, ni à l'abri de toute discussion. J'ai donc pensé qu'un instrument qui, de lui-même, laisserait sur une bande de papier une indication permanente des différentes vitesses, ainsi que de la durée du temps passé aux diverses stations, pourrait être utile au service des chemins de fer.

» La machine que j'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie consiste en trois parties : 1° un rouage d'horlogerie dont l'un des axes porte une courbe en hélice faisant son tour en une heure ou une fraction quelconque d'heure, cette hélice fait mouvoir perpendiculairement et de bas en haut un crayon; 2° une bande de papier d'une longueur variable suivant le besoin et qui peut aller à 40 et 50 mètres, dans le modèle ici présent elle a 2 mètres; 3° une vis sans fin dont l'axe porte à son extrémité extérieure une poulie, cette vis fait mouvoir une roue dont le pignon engrène dans une seconde roue montée sur un axe qui porte un cylindre destiné à faire mouvoir une bande de papier.

» La machine étant posée, soit sur le tender, soit sur un wagon, on placera une poulie sur l'un des axes des roues; et, une corde étant passée sur cette poulie, ainsi que sur celle de la machine, la vis tournera si le wagon marche, les roues et le cylindre seront mis en mouvement, et, par suite, la bande de papier. Ainsi on a deux mouvements distincts, indépendants l'un de l'autre : l'un horizontal et variable, celui de la bande de papier; et l'autre vertical et uniforme, celui du crayon. Par suite de ces deux actions on aura une courbe sinueuse, dont les abscisses représenteront les espaces parcourus; et les ordonnées le temps écoulé.

» Dans cette machine le rapport entre le cylindre et la poulie est $\frac{1}{300}$, le diamètre du cylindre a 6 centimètres; par conséquent 300 tours de la poulie représenteront un développement de papier de 20

centimètres, et, si les 300 tours sont produits par une marche du train sur une longueur de 1 kilomètre, on voit que chaque centimètre de papier présentera un espace parcouru égal à 50 mètres. La largeur du papier est de 6 centimètres; si le crayon les parcourt en 20 minutes, chaque minute sera mesurée par une distance de 3 millimètres. Il est aisé de voir que des courbes tracées d'après ces conditions pourront donner avec facilité toutes les variations de vitesse dans la marche d'un train. On observera aussi que, les minutes pouvant être indiquées par des espaces égaux à 2, 3 et même 4 millimètres, les temps d'arrêt aux stations seront d'une exactitude rigoureuse. »

---

## CHAPITRE III.

### Avenir de la télégraphie électrique.

L'avenir de la télégraphie électrique est immense; tout ce que nous avons dit jusqu'ici le prouve surabondamment, sans qu'il soit nécessaire d'insister sur une démonstration nouvelle et directe. Mon but dans ce chapitre est uniquement d'appeler l'attention sur quelques propositions ou projets d'application de la télégraphie électrique qui mettent mieux en évidence sa portée incommensurable.

### APPLICATION DE LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE AUX SERVICES PUBLICS D'INTÉRÊT GÉNÉRAL ET PRIVÉ, PROPOSITION DE M. BRÉGUET.

Les affaires que le gouvernement traite aujourd'hui par le télégraphe sont en général graves et importantes; ce qui prouve que cette correspondance est à la fois prompte, sûre et parfaitement exacte.

Parmi les plus impérieuses nécessités de l'époque, il en est qui dominent toutes les autres; telles sont : la publicité, la correspondance particulière, l'administration du pays, les relations de peuple à peuple, etc.

L'application de la télégraphie aérienne à ces nécessités diverses n'a pu, jusqu'ici, avoir lieu que dans des proportions très-restreintes;

mais ce qu'elle a laissé entrevoir comme grandement désirable peut se généraliser et se réaliser aujourd'hui par la télégraphie électrique, qui dispose déjà d'une puissance de transmission presque illimitée.

Elle va donner les moyens :

1° De créer une publicité nouvelle par l'établissement de journaux électriques s'imprimant à la même heure, à Paris comme en province ;

2° De fonder une poste électrique au service du public.

Un télégraphe de l'administration donne en 20 heures 100 dépêches de 50 mots chacune, c'est-à-dire 5,000 mots par jour. Ce télégraphe répète ces 5,000 mots presque en même temps dans toutes les villes du réseau électrique. Par conséquent il suffit d'un seul fil pour faire partir de Paris 5,000 mots qui vont se répétant à Rouen, Amiens, Arras, Valenciennes, Lille et Calais, en publiant les mêmes nouvelles dans chacune de ces villes.

Ces 5,000 mots peuvent donc servir à publier *heure par heure*, dans toutes ces villes, les nouvelles que les journaux de Paris impriment dans la journée. Par ce moyen, six villes de provinces ont des journaux du soir qui donnent les mêmes nouvelles que les journaux du soir de Paris.

Cette publicité est déjà un gage précieux de sécurité pour six grandes villes et quatre départements fort importants. Elle gagne un jour sur tout ce que les journaux publient pour se répandre ensuite de proche en proche.

La ligne électrique du nord touche à la Belgique par Valenciennes, et s'approche le plus possible de l'Angleterre par Calais. Par ces deux points le télégraphe a la facilité de transmettre de ville en ville jusqu'à Paris les nouvelles d'Angleterre et du continent, et de réaliser une avance considérable sur les moyens ordinaires de communication pour tout ce qui est de nature à intéresser le public.

Un second fil ou un second télégraphe permet de disposer de 5,000 mots nouveaux pour faire connaître les événements et les faits importants de l'extérieur et des quatre départements. Ainsi *deux fils* ou *deux télégraphes* ont le pouvoir de fournir 10,000 mots pour l'impression des journaux électriques, 5,000 mots sont donnés par Paris à ses correspondants de province, et 5,000 mots sont donnés par les correspondants des départements à Paris et aux villes intermédiaires.

Il est donc vrai que le télégraphe donne les moyens d'établir une publicité nouvelle, instantanée, un journal enfin imprimant heure par

heure les mêmes nouvelles à Paris et en province, sans tenir compte des distances, à 100 lieues de la capitale, tout comme en des points plus rapprochés.

Trois télégraphes possèdent une puissance de transmission de 3,000 dépêches par jour.

Nous pouvons concevoir que ces 3,000 dépêches sont distribuées comme il suit pour les divers services :

1,500 lettres ou dépêches pour la poste électrique au service des particuliers ;

500 dépêches pour les bons télégraphiques payables à vue sur le Trésor à 2 p. 100 d'escompte ;

500 dépêches pour simplifier et accélérer les rapports de l'administration centrale avec la province par le langage alphabétique ;

500 dépêches pour la correspondance officielle et secrète expédiant les affaires que le gouvernement juge convenable de traiter par le télégraphe.

Ainsi commence à poindre cette décentralisation administrative qui doit réaliser un des vœux les plus ardents du pays. Elle s'annonce de manière à satisfaire les exigences des départements sans rien faire perdre à l'unité du pouvoir.

« Dix ans se sont écoulés et la télégraphie électrique s'est étendue dans toute la France, dans plus de trois cents de ses villes principales.

» Elle s'est organisée et perfectionnée ; elle ne transmet plus avec une vitesse de 20 à 30 signaux par minute, mais bien avec une vitesse moyenne de 100 *signaux par minute.*

» Ce n'est pas tout encore. Il existe aujourd'hui, en 1849, des machines qui *impriment* plus de trente lettres par minute, ce n'est donc point trop exiger d'une machine que de fixer sa puissance d'impression électrique à 100 lettres par minute en 1860.

» La télégraphie s'est donc transformée en une *imprimerie à distance* dont la force d'impression est de 100 lettres par minute, ce qui porte la puissance de transmission d'un télégraphe ou d'un fil de 5,000 mots à 25,000 mots par jour.

» Malgré cet accroissement énorme de puissance, ce n'est plus cinq fils que l'on donne à toutes les lignes mais dix ou quinze fils.

» Le *journal électrique* n'a plus une influence restreinte, il s'imprime dans tous les chefs-lieux de département et plus de deux cents villes encore si l'intérêt des populations le réclame.

» Un seul télégraphe porte de Paris aux trois cents villes 25,000 mots d'impression par jour.

» Un second télégraphe fait converger des trois cents villes vers Paris 25,000 nouveaux mots d'impression.

» Un troisième fil supplémentaire assure le service et prévoit les accidents possibles.

» Ainsi trois télégraphes assurent grandement 50,000 mots par jour à la publicité. Le journal contient donc toutes les nouvelles politiques et commerciales de l'intérieur du pays et de l'extérieur, les travaux, les votes, les discours des assemblées délibérantes, les annonces judiciaires, les *annonces* de l'intérieur et même de l'extérieur dans l'intérêt des particuliers, etc.

» Nous ne pouvons nous défendre ici d'une certaine hésitation et d'un grand étonnement. Il suffit donc de trois fils ou trois télégraphes pour doter la France d'une presse nouvelle non plus au service des partis, mais au service de tous ; donnant à la France entière l'histoire de la journée dans toute la rigueur du mot, c'est-à-dire avec la rigidité, le calme et l'inflexibilité de l'histoire.

» Les journaux s'impriment à la même heure à Paris et dans les départements. Il n'y a donc plus alors de presse parisienne et de presse départementale, mais une presse unique véritablement française et nationale, la plus véridique possible, la plus instructive pour les populations, la plus désirable enfin comme l'expression la plus vraie des besoins et des vœux du pays.

» Le nombre des dépêches ou lettres que la poste électrique peut envoyer dans toutes les directions s'élève de 51,250 à 5 fois ce nombre, ou 256,250 : un peu plus de deux millions et demi de mots par jour.

» C'est donc plus de 300,000 dépêches par jour que le public peut utiliser et faire servir à toutes les affaires d'intérêt privé.

» Ainsi se trouve réalisée, sur une grande échelle et dans l'intérêt des particuliers, cette suppression des distances qu'on se borne à désirer maintenant pour les affaires les plus importantes, et qui est devenue, en 1860, un besoin impérieux pour toute chose utile ou sérieuse, futile ou agréable.

» Il importe de remarquer l'activité que la poste électrique imprime à toutes les affaires, aux relations du monde et d'amitié comme aux relations de parenté et de famille ; et surtout les bienfaits qu'elle rend

à l'humanité en venant diminuer ces heures d'incertitude et d'attente, ces angoisses terribles que l'éloignement nous fait si cruellement ressentir dans une foule de circonstances.

» L'*administration du pays*, qui, à la tête du mouvement général, l'a conduit avec sagesse et réglé avec prudence, s'est encore réservé pour son usage cinq fils ou cinq télégraphes, plus deux fils supplémentaires.

» Elle dispose donc de deux millions et demi de mots par jour pour les besoins du service.

» Elle a adopté des formes nouvelles, et transmet par le télégraphe la plus grande partie des affaires en se servant avec intelligence du langage secret et du langage alphabétique. Elle a donné l'impulsion aux correspondances télégraphiques en les faisant connaître et apprécier par un usage journalier.

» Devançant le mouvement au lieu d'être entraînée par lui, elle est arrivée à constituer un immense bureau télégraphique qui expédie sur l'heure toutes les affaires de Paris pour la province et de la province pour Paris.

» C'est ainsi qu'elle s'est emparée de cette singulière puissance de mettre en quelque sorte Paris en province et la province dans Paris.

» La France a donc obtenu une centralisation plus puissante que jamais, mais perfectionnée de telle sorte que ses effets, se faisant sentir à l'heure même sur toute l'étendue du territoire, réalisent une *décentralisation véritable* avec tous les avantages de l'unité de pouvoir.

» Il est difficile de contester maintenant que la télégraphie électrique est devenue un des plus sûrs garants de l'ordre, de la tranquillité et de la sécurité publique. Désormais l'erreur et le mensonge, qui servent trop souvent à égarer les populations, à bouleverser la société, deviennent impossibles. Ils ne peuvent pénétrer nulle part sans y trouver le télégraphe électrique prompt comme la foudre et faisant briller le flambeau de la vérité pour les couvrir de ténèbres et de confusion.

» Il est permis de croire qu'en 1860 la plus grande partie des capitales de l'Europe seront reliées entre elles par des chemins de fer et par des lignes électriques. Dès ce moment toutes les considérations précédentes se généralisent de peuple à peuple pour s'étendre sur l'Europe entière.

» Ce sera surtout un avantage précieux pour les gouvernements de

pouvoir communiquer sur l'heure de capitale en capitale, et de traiter, par le langage secret de la télégraphie ou par un *langage chiffré*, connu d'eux seuls, les affaires diplomatiques, les questions les plus épineuses de la politique, les secrets d'État, et tout ce qui se rattache enfin au repos du monde et à la conservation de la civilisation. »

M. Bréguet écrivait en 1849, et il ajoutait :

« Nous avons jusqu'à présent rejeté avec soin tout écart d'imagination; nous nous sommes renfermés d'abord dans les étroites limites d'une expérience de quatre années, en ne considérant qu'une vitesse moyenne de 20 signaux par minute; nous avons ensuite limité jusqu'en 1860 la vitesse de l'imprimerie électrique à 100 lettres par minute. Le moment est donc venu de rechercher quelle peut être cette vitesse un jour.

» Ce qui frappe le plus, lorsqu'on pratique la télégraphie électrique, c'est l'insuffisance de l'homme, paralysant une vitesse inouïe, qu'il tient déjà captive, mais qu'il doit limiter pour la rendre utile.

» La vitesse de la télégraphie électrique, telle qu'elle existe aujourd'hui, ne peut dépasser une certaine limite, car l'œil qui doit distinguer les signaux et la main qui doit les écrire s'opposent à une grande vitesse.

» Mais déjà l'imprimerie électrique existe et laisse un vaste champ ouvert aux perfectionnements et à l'imagination, avant d'arriver aux limites du possible.

» On comprend, en effet, une machine qui imprime 100, 200, 500, même 1,000 lettres par minute.

» Un télégraphe imprimant 200 lettres ou 40 mots par minute donne 2,400 mots par heure.

» *C'est transmettre par le télégraphe aussi vite et plus vite que l'on écrit.*

» Un télégraphe imprimant 300 lettres ou 60 mots par minute donne 3,600 mots par heure.

» C'est transmettre par le télégraphe *aussi vite que l'on parle.*

» Rien n'empêche donc de comprendre et même d'attendre des perfectionnements qui donneront aux transmissions télégraphiques, d'abord la vitesse de l'écriture ordinaire, et, plus tard, la vitesse de la parole.

» A cet énoncé, la pensée elle-même s'étonne et se refuse presque à

suivre cette vitesse merveilleuse, qui peut la transporter instantanément dans tous les points du globe avec la rapidité de la parole.

» Le siècle qui donnera naissance à ce perfectionnement et qui saura le généraliser différera autant par ses mœurs et ses habitudes du siècle où nous vivons, que notre civilisation diffère de la civilisation du quatorzième siècle.

» La première pensée de chacun se porte déjà sur ces conversations que le télégraphe permet d'établir entre Paris, Londres, Bruxelles, Vienne, Berlin et Saint-Pétersbourg, tout aussi facilement que l'on cause aujourd'hui dans un salon, à l'aide d'un langage télégraphique abrégé, commun à tous les peuples, et faisant partie de l'éducation de la jeunesse.

» La télégraphie électrique semble donc avoir pour mission d'abattre les barrières qui séparent les peuples entre eux et de les rendre tous solidaires d'une même civilisation. Faisons des vœux pour que cette civilisation, sans cesse victorieuse de sa lutte contre la barbarie, poursuive de siècle en siècle sa marche progressive, propage les idées saines et morales, et diminue progressivement les maux de l'humanité. »

Nous ne sommes encore qu'en 1851, et déjà le télégraphe de M. Bain a réalisé la prévision gigantesque !

## LE TÉLÉGRAPHE ÉLECTRIQUE DANS L'INTÉRIEUR DE PARIS ET DE LA BANLIEUE.

### *Projet de M. Aristide Dumont.*

Voici comment M. Aristide Dumont expose son projet dans une lettre au président de la République :

« Je viens appeler toute votre attention sur l'étude que j'ai faite de l'application de la télégraphie électrique à la ville de Paris. Mon projet a pour but de rendre infiniment plus faciles et plus rapides qu'aujourd'hui les relations journalières et habituelles que peuvent avoir entre eux tous les habitants de Paris et de sa banlieue. Voici quelles sont les bases principales de ce projet, dont j'aurai l'honneur de vous soumettre tous les détails dès que vous le désirerez.

» 150 bureaux de correspondance télégraphique seraient répartis dans tous les quartiers de Paris et dans la petite banlieue, proportionnelle-

ment à la population et à l'activité des relations habituelles. Ces 150 bureaux seraient reliés entre eux par un système souterrain de télégraphie électrique, de manière que les dépêches pussent être expédiées en 3 minutes au plus entre deux stations quelconques, quel que soit d'ailleurs leur éloignement.

» Dans chaque bureau de correspondance télégraphique stationnerait un nombre suffisant de commissionnaires pour porter les dépêches à domicile et recevoir les réponses. Grâce à la grande quantité de bureaux et à leur mode de répartition, il ne faudrait pas plus de 4 minutes pour porter la dépêche d'un bureau quelconque à domicile, en sorte qu'en l'espace de 7 minutes au plus une nouvelle ou un ordre pourrait être transmis de Vaugirard à Romainville, de Charenton à Courbevoie, ou enfin d'un point quelconque de la ville de Paris aux quartiers les plus éloignés.

» Ces bureaux de correspondance télégraphique seraient à la disposition du public de 7 heures du matin à minuit. L'expédition d'une dépêche quelconque, d'un ordre, d'un avis dont la longueur ne devrait pas dépasser un certain nombre de mots, pourrait être soumise à un tarif uniforme et assez bas pour être accessible à tous. Un tarif de 25 centimes pour la transmission d'une dépêche sans réponse et de 50 centimes avec réponse me paraît concilier l'intérêt public, et pourra fournir une rémunération suffisante aux capitaux employés dans cette entreprise.

» La combinaison des bureaux et l'établissement de la ligne télégraphique souterraine *seraient faits suivant des procédés qui me sont particuliers et qui rendent impossible soit le croisement, soit la confusion des dépêches entre elles, quels que soient d'ailleurs leur multiplicité et leur mode de répartition.*

» Ce réseau télégraphique souterrain, qui relierait ainsi instantanément toute la population parisienne, est destiné d'ailleurs à s'étendre plus tard par les télégraphes établis ou à établir sur le parcours des chemins de fer, à tous les *points du pays et aux villes importantes de l'étranger.*

» Au point de vue soit de la police intérieure de la ville de Paris ou de la défense de la capitale en cas de guerre ou d'émeute, le réseau télégraphique dont je propose l'établissement serait d'une immense utilité.

» C'est ainsi que les forts, les points importants de l'enceinte continue, les casernes de Paris, les divers ministères, la préfecture de police, seraient reliés entre eux de manière à rendre infiniment promptes l'expédition et la transmission de tous les ordres militaires. La police de Paris y trouverait ainsi un puissant levier d'action et de surveillance.

» Au point de vue commercial et économique, l'influence d'un pareil instrument de transmission serait d'ailleurs, comme il est facile de le comprendre *à priori*, d'une immense utilité. Les commerçants de tout ordre, les administrations publiques et tous les citoyens gagneraient un temps précieux dans ces relations journalières et habituelles si multipliées dans un grand centre de population comme Paris, puisque dans l'espace de quelques minutes on pourrait communiquer des quartiers les plus éloignés sans perdre de temps et avec une minime dépense. Il suffit de signaler ce résultat pour en faire comprendre dès l'abord toute l'importance.

» D'après les calculs auxquels je me suis livré, les produits de ce système télégraphique seraient suffisants pour couvrir toutes les dépenses d'exécution et d'établissement *qui pourraient être supportées par une compagnie dont j'ai préparé l'organisation.*

» Vous remarquerez que si l'établissement d'un pareil système diminue nécessairement les produits de la petite poste, cette diminution sera probablement momentanée, et elle sera d'ailleurs largement compensée par l'immense utilité qu'aurait au point de vue de l'intérêt public ce mode nouveau de transmission, sur lequel d'ailleurs le Trésor public pourrait établir un droit qui viendrait compenser la diminution des produits de la petite poste. »

En place de fils souterrains, M. Dumont adopte définitivement, pour l'exécution de son projet, des fils aériens à très-grande portée. Comme la note qu'il a adressée à l'Académie offre quelque intérêt, nous la reproduirons ici; mais sans avoir la même confiance dans la suppression d'un grand nombre de poteaux :

« J'ai reconnu qu'il y aurait de grands avantages à substituer à ces conducteurs souterrains des fils suspendus à grande portée.

» On sait que dans le système actuel de construction des télégraphes électriques, les points d'appui sont distants de 50 mètres seulement. J'ai augmenté beaucoup cette portée et l'ai étendue sans difficulté jusqu'à 500 et même 600 mètres. Ce fait a été démontré par l'expé-

rience faite récemment en établissant les fils électriques d'essai sur une longueur de 2,500 mètres environ, le long des boulevards de Paris, entre le passage Jouffroy et le palais de l'Assemblée législative. Pour établir cette ligne, j'ai adopté les portées suivantes : 1° du passage Jouffroy à la rue Lepelletier, portée de 300 mètres; 2° de la rue Lepelletier à la rue de la Paix, 500 mètres; 3° de la rue de la Paix au Garde-Meuble, diverses portées variant entre 150 et 300 mètres; 4° enfin du Garde-Meuble à l'Assemblée, une seule portée de 600 mètres. Les flèches de ces différents fils ont varié entre 1/40e et 1/50e de la portée. Les frais d'établissement ne se sont élevés qu'à 500 francs par kilomètre. Les fils pesant 25 à 30 grammes par mètre me paraissent les plus convenables, tant pour la facilité de la pose que pour la plus grande résistance qu'ils présentent.

» Depuis que ces fils à grande portée sont en place, ils n'ont éprouvé aucune perturbation sensible par dilatation ou par concentration. Les vents les plus violents n'ont eu aucune action sur eux, ce qui provient probablement de la grande égalité de tension qui existe dans toutes les parties. Ils ont servi à transmettre les dépêches d'essai pendant un mois ; les perturbations provenant de l'électricité atmosphérique n'ont pas été plus grandes que sur les télégraphes ordinaires.

» Ces fils à grande portée me paraissent pouvoir aussi être employés avec avantage dans les pays de montagnes, où l'on pourrait se procurer facilement des points d'appui suffisamment élevés pour accroître les flèches et les placer dans de bonnes conditions de résistance. Je crois qu'il serait pratiquement possible d'augmenter les portées jusqu'à 1200 et même 1500 mètres, et de se rapprocher ainsi du tiers de la limite de portée indiquée par les formules théoriques généralement admises. Dans de pareilles conditions, les télégraphes électriques seraient d'un établissement moins coûteux ; ils seraient moins exposés aux attaques de la malveillance, et pourraient être établis dans toutes les directions, sans qu'on fût astreint, comme aujourd'hui, à suivre le tracé des routes ou des chemins de fer ; enfin la dispersion de l'électricité serait bien moindre, les points d'appui étant de vingt à trente fois moins nombreux qu'ils ne le sont aujourd'hui. »

## TÉLÉGRAPHE SOUS-MARIN DE CALAIS A DOUVRES.

Comme nous l'avons vu, la pensée de cette entreprise grandiose appartient à M. Wheatstone, qui dès 1847 avait tout préparé pour la réaliser. Exécutable alors, elle l'est bien plus encore aujourd'hui que l'on a inventé le fil revêtu de gutta-percha. Un premier essai très-incomplet a été tenté par M. Walker, le 10 janvier 1849. Voici le récit de son expérience raconté par lui :

« Ayant obtenu des directeurs de la Compagnie du sud-est la permission d'employer dans plusieurs de nos tunnels humides le fil recouvert de gutta-percha, il me vint à l'idée que j'avais à ma disposition tout ce qu'il fallait pour une expérience sous-marine : une ligne de chemin de fer de Londres à la côte, un port dans la même direction que le chemin de fer, une flotte de paquebots dans ce port, et un fil de plusieurs milles de longueur, recouvert d'une matière parfaitement isolante. Il est vrai que la saison (janvier) n'était pas bonne, mais il ne fallait pas hésiter. J'expliquai mes vues aux directeurs, et j'obtins sans difficulté leur consentement et leur appui. Le jour fixé, ils ordonnèrent à un paquebot d'être à mes ordres ; ils avaient envoyé des cartes d'invitation qui donnaient librement passage sur tout le chemin de fer, et de Calais et Boulogne à Folkstone, aller et retour, valables pour plusieurs jours.

» J'avais choisi deux milles de fil de cuivre n° 16, garni de gutta-percha : je le soumis moi-même à l'épreuve sous l'eau, bout par bout, ainsi que les divers joints. Après qu'on l'eut ensuite enroulé sur une espèce de dévidoir en bois, on le porta à Folkstone. Un embranchement, d'environ un mille de longueur, descend de la ligne principale du chemin de fer au port, traversant la station sur un pont mobile. Le 9, au soir, j'essayai, pour la dernière fois, la continuité du fil en plaçant le dévidoir sur le sable et en faisant communiquer le fil recouvert avec le fil venant de Londres ; puis alors, l'eau à nos pieds et à la lueur des lampes, au milieu d'un groupe mêlé et étonné de pêcheurs, de matelots, d'officiers en retraite et d'autres, nous reconnûmes que le circuit était bon en entretenant une conversation avec les employés de Londres.

» Notre intention était de prendre le lendemain le dévidoir dans un petit bateau, de nous placer à peu près en ligne directe de la plage,

de dévider et d'immerger notre fil tout en avançant. Mais l'aspect du temps changea dans la nuit ; le vent s'éleva, et la mer devint si houleuse, qu'il eût été impossible d'éviter la rupture du fil. On se contenta de tendre le fil dans l'eau devant le port ; il passait à l'entrée et aboutissait à l'instrument qui était sur le pont du paquebot amarré le long de la jetée. Les conditions de l'expérience étaient les mêmes, bien que l'effet ne fût pas aussi frappant que si le paquebot avait été en pleine mer avec l'extrémité du fil.

» Il avait été convenu d'avance que ce jour-là le travail du télégraphe se ferait sur le fil n° 2, et que le numéro 1 resterait libre pour les expériences. Le bout du fil de Folkstone était soudé au fil submergé dont l'autre bout communiquait alors avec un instrument à simple aiguille qui était sur le pont, et le circuit se complétait par une plaque de terre qui était dans la mer.

» Ces opérations se firent en présence de nos invités, qui se trouvaient à bord ; il ne s'était pas fait de *répétition*, et le fil se trouvait battu par les flots contre la jetée. Je n'étais pas très-à l'aise, je l'avoue, d'avoir tant de témoins venus si loin pour assister à une expérience qu'un léger défaut d'isolement pouvait faire manquer ; car, aux deux milles de fil submergé, il fallait ajouter les quatre-vingt-trois milles entre la côte et Londres : je redoutais quelque circonstance fatale. Tout étant prêt, je pris la poignée de l'instrument et je fis la lettre L, signal d'appel de Londres ; on eut instantanément connaissance du signal ; et, à midi trois quarts, la première dépêche passa sous le canal britannique, en ligne directe pour Londres ; elle portait : « M. Walker au directeur. — Je suis à bord de la *Princesse-Clémentine* : j'ai réussi. » Immédiatement une correspondance fut établie. Il s'échangea des communications avec d'autres stations de la ligne principale, et après plusieurs heures d'immersion le fil fut retiré sain et sauf. Il est maintenant placé dans le tunnel de Merstham, et a servi depuis à l'envoi de toutes nos dépêches importantes de Londres. »

Mais il était réservé à M. Jacob Brett, inventeur aussi ingénieux que modeste, qui joint à une douceur extrême une énergie extraordinaire, que les difficultés n'effraient pas, et que les obstacles les plus invincibles ne découragent jamais, de réaliser le télégraphe sous-marin. Grâce à la protection courageuse et dévouée du comte d'Orsay, que les liens d'une noble amitié unissent à Louis Bonaparte, président de la République française, M. Brett a eu le bonheur inespéré et

nouï d'obtenir le privilége exclusif, pour dix années, des communications sous-marines entre la France et l'Angleterre, et il a réussi à former immédiatement une compagnie anglo-française qui se charge de réunir les fonds et de faire exécuter les travaux de cette vaste entreprise. Voici un abrégé des statuts de la compagnie :

« Il est formé, par les présentes, une société en commandite et par actions entre MM. Wollaston, Edwards et Brett, susnommés, qui seront seuls gérants responsables, et les personnes qui, en qualité de simples commanditaires, deviendront souscripteurs ou cessionnaires d'actions, et qui, par ce seul fait, seront considérées comme ayant adhéré aux présents statuts.

» Les actionnaires commanditaires ne pourront, dans aucun cas, être engagés au delà de leur mise sociale.

» La société a pour objet : la construction et l'exploitation d'un télégraphe électrique sous-marin, destiné à établir une communication instantanée entre la France et l'Angleterre en traversant la Manche d'un des points du littoral français, entre Boulogne-sur-Mer et Calais, à un des points du littoral anglais, entre Folkstone et Douvres.

» Un décret du gouvernement français en date du 10 août 1849, confirmé par une lettre du Ministre de l'intérieur du 24 du même mois, accorde et garantit à M. Jacob Brett un privilége pendant dix ans pour l'exploitation de ce télégraphe, sans qu'il puisse être permis, pendant le même laps de temps, d'en établir un autre sur aucun des autres points du littoral baigné par la Manche. Ce privilége est aujourd'hui la propriété de la Compagnie à l'exclusion de toute autre.

» En outre, des autorisations obtenues de plusieurs départements du gouvernement britannique pour l'établissement de la communication sur la côte anglaise assurent, sous ce rapport, les droits privilégiés de la Compagnie.

» La communication sous-marine aura lieu au moyen de machines spéciales consistant dans un télégraphe à imprimer sur papier en caractères romains parfaitement nets, pour lequel un brevet d'invention a été obtenu en France par M. Jacob Brett, et en Angleterre. La Compagnie a le droit de faire usage de ce télégraphe pour l'exploitation de la ligne.

» Le fonds social est fixé à la somme de cent vingt-cinq mille francs. Il est représenté par cinq mille actions de vingt-cinq francs chacune.

» Les actions sont payables comptant en souscrivant.

» L'assemblée générale des actionnaires sera appelée à délibérer ultérieurement sur l'opportunité d'augmenter le fonds social dans une proportion correspondant au développement de l'entreprise et à la nécessité d'augmenter le nombre des fils.

» Les gérants sont autorisés par les présents à traiter à forfait, moyennant la somme de soixante-deux mille cinq cents francs, pour l'entreprise de tous les travaux et dépenses relatifs à la préparation et à la pose du premier fil, et de l'établissement du matériel et des machines à imprimer nécessaires pour son fonctionnement.

» Messieurs Edwards et Wollaston apportent dans la société :

» 1° Un décret du gouvernement français en date du 10 août 1849, confirmé par une lettre du Ministre de l'intérieur du 24 du même mois, par lequel le droit privilégié d'une communication télégraphique entre la France et l'Angleterre, en traversant la Manche, est garanti pour dix ans à partir du 1er septembre 1850, à l'exclusion de toute autre personne;

» 2° Les autorisations obtenues de plusieurs départements du gouvernement anglais pour l'établissement de la communication télégraphique sur la côte anglaise baignée par la Manche;

» 3° Le droit de faire usage, entre les points ci-dessus mentionnés et au besoin depuis la côte française jusqu'à Paris, de moyens particuliers consistant dans un télégraphe pour lequel des brevets d'invention ont été obtenus en France et en Angleterre, ainsi que tous les perfectionnements qui pourront être apportés ultérieurement à cette invention.

» Les cinq mille actions formant le capital social seront remboursées intégralement avant tout partage de bénéfices nets.

» Le remboursement ou amortissement de ces actions aura lieu chaque année le 1er novembre par voie de répartition égale entre chacune d'elles, de tous les bénéfices nets de l'entreprise jusqu'à due concurrence.

» Ces actions privilégiées formeront, jusqu'à leur remboursement, une catégorie à part, et seront distinctes des autres de manière à éviter toute confusion.

» Après leur remboursement, elles donneront droit à prendre part dans la moitié des bénéfices nets de la Société concurremment avec les dix mille actions revenant aux fondateurs de l'entreprise pour prix

de leur apport, et les titres primitifs seront échangés contre des titres nouveaux semblables à ces dernières actions.

» Les fondateurs de l'entreprise et le titulaire primitif des brevets n'auront la libre disposition de leurs actions que lorsqu'une expérience aura constaté la réussite du projet qui fait l'objet de la Société.

» Chaque année, le 1er septembre, il sera fait un inventaire général des opérations de la Société.

» Cet inventaire devra être remis au conseil de surveillance le 15 septembre au plus tard, pour que ce conseil puisse faire un rapport à l'assemblée générale des actionnaires. La répartition des bénéfices aura lieu le 1er novembre de chaque année. »

Aussitôt que le contrat social eut été signé on se mit à l'œuvre, et tout était prêt le mardi 28 août 1850 pour procéder à une première expérience. Voici ce qu'à cette époque on écrivait de Douvres et du cap Grinez :

« Les opérations pour établir une communication au moyen d'un télégraphe électrique entre la Grande-Bretagne et le continent ont commencé ce matin dans notre port. A une heure, le steamer *Goliath*, chargé de tous les appareils nécessaires et monté par un équipage de 30 hommes, sous la surveillance du docteur Reid, de la chambre des communes, et de MM. T. Crampton et C.-J. Wollaston, ingénieurs civils, était prêt à prendre la mer. Entre les deux roues du bâtiment était disposé un tambour de 15 pieds de long sur 7 de diamètre, pesant 7 tonneaux, 7,000 kilogrammes, et solidement fixé. Sur ce tambour était enroulé un fil métallique enveloppé d'une gaîne de gutta-percha et d'une longueur d'environ 30 milles. Le cap Grinez, le point du continent le plus rapproché de la côte anglaise entre Calais et Boulogne, et que l'on veut relier à notre île, en est séparé par une distance de 21 milles; de sorte qu'il restait 9 milles de fil conducteur pour compenser le défaut de tension.

» On avait calculé que l'on ferait 5 milles en dévidant le fil métallique que des jumelles de plomb d'un poids de 20 à 25 livres auraient entraîné au fond de la mer. En outre, le capitaine Bultock, du steamer de S. M. *Widgeon*, avait fait jalonner une ligne droite, autant que possible, au moyen de bouées surmontées d'un pavillon, et il devait suivre l'expérience sur son vapeur en qualité d'allége. Tout était prêt, les fils conducteurs, de leur point de départ placé sur le quai du port, traversaient le cap, d'où ils descendaient par une pente de 194 pieds

au-dessus du niveau de la mer, lorsqu'une forte houle étant venue à s'élever, les ingénieurs ont pensé qu'il ne serait pas prudent de tenter l'entreprise, et l'opération a été renvoyée à mercredi quatre heures du matin, si le temps le permet. Toutefois, des expériences faites sur une courte échelle, un mille, démontrent, dès à présent, que le procédé que l'on a adopté est praticable.

« Mercredi soir.

» L'intéressante opération du jet à la mer du fil conducteur a commencé ce matin à dix heures et demie. Le *Goliath*, parti du quai du Gouvernement, a dévidé son fil métallique, épais d'un dixième de pouce, et renfermé dans une gaîne de gutta-percha. La partie (d'environ 300 mètres) qui ne plonge pas dans la mer, est renfermée dans un tube de plomb, pour la protéger contre les frottements. Le steamer a continué son opération sur le pied de trois ou quatre milles à l'heure, en se dirigeant en ligne droite vers le cap Grinez.

» A environ huit heures du soir, la communication était accomplie, ainsi que le prouve la dépêche télégraphique suivante, reçue à Douvres :

« Cap Grinez, côte de France, 8 heures 1/2 du soir.

» Le *Goliath* est arrivé sain et sauf, et le fil conducteur sous-marin, dont l'extrémité est à Douvres, aboutit à la falaise. Pour la première fois, la France et l'Angleterre peuvent échanger des compliments au travers et au moyen des profondeurs du détroit.

» Ainsi dorénavant lorsque le service sera organisé, que la malle française arrive ou n'arrive pas à Douvres en temps opportun, on pourra toujours savoir à Londres les nouvelles de Paris et les prix de clôture de la Bourse à l'aide d'un messager qui défie l'espace et le temps.

» La plus grande difficulté que les ingénieurs s'attendaient à trouver dans le jet du fil conducteur, était à un point situé au milieu du détroit. C'est une profonde vallée sous-marine, bornée dans la longueur du canal par deux crêtes que les Français appellent le Colbart et la Varne. Ces montagnes s'étendent l'une à une distance de 17, l'autre à une distance de 12 milles. L'immense gouffre qu'elles circonscrivent est surtout redouté des marins, à cause de ses sables mouvants, où l'on est exposé à perdre ses ancres, filets, etc. Cependant on a heureu-

sement, à ce qu'il paraît, surmonté cet obstacle, et le fil a été, pense-t-on, déposé à une profondeur qui le met à l'abri des ancres des navires, des engins de pêche et des monstres marins. Toutefois, il sera curieux de savoir comment il pourra résister à la violence des courants et des commotions dont ces sortes de vallées sont censées le siége. »

Peu de jours après, hélas! le fil unique tendu à travers le détroit fut brisé; on devait s'y attendre, car sa résistance était mal calculée et beaucoup trop faible. Cet accident sans portée ralentit quelque peu les opérations de la société en commandite; elle perdit aussi beaucoup de temps à attendre la charte royale anglaise qui devait la constituer définitivement. Pendant dix longs mois on n'entendit plus parler du télégraphe sous-marin : c'était heureusement un sommeil et non pas une défaite; et voici ce qu'il nous a été permis d'annoncer dans le journal le *Pays*, le 18 juin, il y a quelques jours :

Le 28 août dernier, un fil conducteur d'épreuve, long de 25 kilomètres, qui n'avait avec son enveloppe de gutta-percha qu'un demi-pouce de diamètre, fut submergé dans le canal de la Manche, entre Douvres et le cap Grinez. Puis le télégraphe de M. Jacob Brett imprima à travers l'Océan, en belles lettres romaines, une longue dépêche, déposée entre les mains du président de la République française, première et merveilleuse conversation instantanée de la France avec l'Angleterre.

La facilité avec laquelle le fil fut déposé au fond des eaux, la facilité plus grande encore avec laquelle le courant circula et fit fonctionner le mécanisme si ingénieux du télégraphe, ne laissèrent absolument aucun doute sur la possibilité, la praticabilité et la certitude de cette grande entreprise. Il devint évident pour tous qu'il n'y avait qu'une chose à faire pour assurer le succès; substituer au fil d'épreuve un ensemble de fils assez nombreux et garantis par une enveloppe assez résistante pour n'avoir plus rien à redouter des accidents les plus imprévus. Le fil d'épreuve ne pouvait supporter qu'une traction de 50 à 100 kilogrammes; le conducteur définitif a été construit de telle sorte qu'il pourra, sans se rompre, porter le poids énorme de l'ancre des plus grands vaisseaux de ligne.

Déjà M. Brett, heureux au delà de ce qu'il pouvait espérer, avait obtenu du gouvernement français le privilége exclusif, pendant dix années, des communications sous-marines entre Paris et Londres.

Mais aucune compagnie industrielle ne peut réussir en Angleterre sans l'intervention d'une charte royale qui prémunisse les actionnaires contre tout appel de fonds au delà de la souscription premièrement consentie par eux.

Or, cette charte royale est enfin octroyée, et rien ne s'oppose plus à l'exécution rapide du plus magnifique projet des temps modernes.

Une nouvelle compagnie est aujourd'hui pleinement constituée, elle a pour ingénieur en chef M. Cubitt, président du comité des ingénieurs civils de l'Angleterre.

Le capital de la société est fixé à deux millions cinq cent mille francs, partagés en coupons d'une livre sterling, vingt-cinq francs.

Il est vraiment impossible de se faire même une idée des résultats immenses que doit amener ce lien intime d'union établie entre l'Angleterre et la France, et par la France avec l'Europe entière.

Ah! quand luiront les jours si impatiemment attendus de l'automne où les vents déchaînés de l'équinoxe, remuant jusque dans leurs profondeurs inaccessibles les eaux tumultueuses de la Manche, soulevant en montagnes mugissantes les flots, n'interrompront pas une correspondance calme et fraternelle!

Quel beau spectacle que celui de cette mer terrible entre toutes les mers, domptée enfin par le génie de l'homme et par la science moderne, devenue un messager fidèle et complaisant.

Mais voici un projet plus gigantesque encore, tellement gigantesque même, que, malgré tant de prodiges déjà réalisés, l'esprit le plus audacieux demeure forcément incrédule.

### *Télégraphe électrique entre l'Amérique et l'Europe.*

Il vient de se former à New-York une association pour créer une ligne de télégraphie électrique entre l'Amérique du Nord et l'Europe. Voici le plan qui a été fourni à ce sujet par le célèbre ingénieur M. John Wilkes :

Un fil de fer solide et bien isolé serait conduit sur le fond de la mer, depuis la côte occidentale de Terre-Neuve jusqu'à la côte occidentale de l'Irlande. Sur le bon fond d'ancrage situé à 500 milles anglais de distance du premier de ces pays, on établirait une station de répétition, par laquelle la longueur du fil se trouverait réduite à

1,600 milles anglais, c'est-à-dire qu'elle ne formerait qu'un peu plus de la moitié de la distance qui sépare New-York de l'Irlande.

Quelque grande que soit la profondeur de l'océan Atlantique, on se propose de continuer sur le fond de la mer la pose du fil conducteur. Selon toutes les apparences, cette profondeur ne dépasse nulle part 2 milles anglais, et on a même tout lieu de croire qu'elle est seulement d'environ un mille anglais; mais en admettant qu'il y a des vallées sous-marines de 10 à 20 milles anglais de profondeur et de 50 à 60 milles de largeur, ces cavités ne seraient pas un obstacle bien grand, attendu que l'on pourrait faire passer le fil par dessus ces vallées sous-marines moyennant des supports fixés à des intervalles de 2 milles, ou plus rapprochés les uns des autres, de manière que le fil serait toujours maintenu à environ 200 brasses au-dessous de la surface de la mer.

De 100 milles en 100 milles, il faudrait faire mouiller un petit radeau portant un mât, muni d'un pavillon et communiquant avec le fil, afin que l'on pût le soulever toutes les fois qu'il aurait besoin d'être réparé ou d'être renouvelé en partie; mais il n'est guère possible qu'un fil bien posé à une telle profondeur au-dessous du niveau de la mer puisse jamais être endommagé.

Pour établir cette ligne télégraphique, il suffirait de deux navires, dont une partie des équipages, à l'aide d'une machine très-simple, pourrait travailler sans interruption.

L'exécution du projet durerait un an tout au plus, et coûterait à peu près 500,000 dollars, ou 2 millions 600,000 francs.

Concevons par la pensée que ces grands projets aient reçu leur exécution : que Paris puisse correspondre instantanément avec l'Angleterre à travers le détroit, avec l'Amérique à travers l'océan Atlantique, avec la Chine à travers les steppes des Russies, avec l'Algérie à travers la Méditerranée, etc., etc., et nous nous ferons enfin une juste idée de l'avenir de la télégraphie électrique.

# CHAPITRE IV.

## Tarifs et législation de la télégraphie électrique.

Dans ce chapitre moins important je ne chercherai pas à être complet, je me contenterai de publier les documents authentiques et officiels qui sont parvenus à ma connaissance.

### ANGLETERRE.

*Extrait de l'article d'incorporation relatif à la compagnie du télégraphe électrique.*

La compagnie du télégraphe électrique (*the electric telegraph company*) a été autorisée (*incorporated*) par un acte du Parlement passé le 18 juin 1846.

La compagnie est obligée d'accorder à toute personne, désignée par le conseil privé, la faculté d'établir des lignes télégraphiques et d'en faire usage pour le service du gouvernement de la reine. En outre, la compagnie doit recevoir dans tous les bureaux télégraphiques, et transmettre, quand elles sont présentées en temps convenable, toutes dépêches pour le service de Sa Majesté. Toutes dépêches envoyées pour le service de Sa Majesté doivent avoir la priorité, soit pour la transmission, soit pour la réception et l'expédition, sur toutes autres dépêches quelconques, et il est ordonné à la compagnie, à ses employés (*officers*) ou agents, de transmettre, de recevoir et d'expédier de telles dépêches immédiatement, et de suspendre la transmission de toutes autres dépêches jusqu'à ce que les dépêches pour le service de Sa Majesté ou relativement à ce service aient été transmises, le tout sauf une rémunération convenable.

Enfin, en cas d'événements graves (*in times of emergency*), l'un des secrétaires d'État a le droit de s'emparer de tous les télégraphes et appareils aux différentes stations de la compagnie, de leurs licences ou délégations (*their licenses and assigns*) pour une semaine, et d'en retenir la possession de semaine en semaine, si cela est expédient

pour le service public, en payant toutefois une indemnité, réglée sur le profit moyen d'une semaine.

## TARIFS.

*Taxe pour vingt mots.*

Un penny par *mille* pour les premiers 50 *milles*. 62,5 centimes par myriamètre pour les premiers 80 kilomètres.

1/2 penny par *mille* pour les seconds 50 *milles*. 31,2 centimes par myriamètre pour les seconds 80 kilomètres.

1/4 penny pour toute distance au delà de 100 *milles*. 15,6 centimes par myriamètre pour toute distance au delà des 161 premiers kilomètres.

N. B. Aucune taxe ne peut être au-dessous de 2 shill. 6 (3 fr. 10 c.).

La taxe est augmentée de moitié en sus pour chaque dizaine de mots ou fraction de dizaine de mots au-dessus de 20 mots.

Le port des dépêches est taxé à 1 shilling par *mille*. Il n'est jamais au-dessous d'un shilling.

Il s'en faut au reste beaucoup que ce tarif soit invariable et uniforme pour toutes les lignes. Il change, au contraire, non-seulement d'une ligne à l'autre, mais encore pour une même ligne, suivant les circonstances. Voici quel était, au commencement de l'année, le prix de la transmission des dépêches sur quelques lignes télégraphiques principales.

| De Londres à | Distance. | Prix par mot pour toute distance. | Prix par mot et par kilomètre. |
|---|---|---|---|
| Douvres.... | 142 kilom. | 44 cent. | 0,310 cent. |
| Birmingham.. | 180 | 39 | 0,217 |
| Stafford..... | 211 | 39 | 0,185 |
| Derby..... | 211 | 42 | 0,199 |
| Norwich..... | 202 | 42 | 0,208 |
| Nottingham.. | 212 | 42 | 0,198 |
| Yarmouth... | 233 | 42 | 0,180 |
| Liverpool.... | 336 | 51 | 0,152 |
| Leeds..... | 211 | 51 | 0,242 |
| Manchester.. | 315 | 51 | 0,162 |
| York..... | 352 | 54 | 0,153 |
| Edinburgh... | 650 | 78 | 0,120 |
| Glasgow..... | 658 | 84 | 0,128 |

# AMÉRIQUE.

## *The magnetic Telegraph Company.*

Le dollar vaut 5 fr. 42 c., et le cent 0,0542.

*De Washington à New-York.*

| De Washington à | Milles. | Premiers dix mots. | Chaque mot en plus. |
|---|---|---|---|
| Baltimore..... | 40 | 10 cents. | 1 cents. |
| Philadelphie..... | 156 | 30 | 3 |
| Trenton (New-Jersey)..... | 184 | 45 | 4 |
| Princetow id. ..... | 194 | 50 | 5 |
| New-York..... | 343 | 50 | 5 |

## *Washington and New-Orleans Telegraph Company.*

| De Washington à | Milles. | Premiers dix mots. | Chaque mot en plus. |
|---|---|---|---|
| Georges-Town..... | 2 | 15 cents. | 1 cents. |
| Alexandria (Virginie)... | 10 | 16 | 1 |
| Frédéricksbourg id. ... | 60 | 21 | 1 |
| Richemond id. ... | 121 | 27 | 1 |
| Petersburg id. ... | 143 | 29 | 1 |
| Raleigh (Caroline du Nord). | 292 | 44 | 2 |
| Fayetteville id. . | 349 | 50 | 3 |
| Cheraw (Caroline du Sud). | 419 | 57 | 3 |
| Camden id. . | 476 | 63 | 3 |
| Columbia id. . | 509 | 66 | 3 |
| Charles-Town id. . | 644 | 79 | 4 |
| Augusta (Georgie)..... | 782 | 93 | 5 |
| Savannah id. ..... | 914 | 106 | 5 |
| Macan id ..... | 1107 | 126 | 6 |
| Columbus id. ..... | 1200 | 135 | 7 |
| Montgommery (Alabama).. | 1299 | 145 | 7 |
| Cahawba id. .. | 1351 | 150 | 8 |
| Mobile id. .. | 1523 | 167 | 8 |
| New-Orléans ouisiane)... | 1716 | 200 | 10 |

## PRUSSE.

*Règlement pour la mise à la disposition du public de la télégraphie électro-magnétique de l'État.*

§ 1^er^. Il sera permis d'utiliser pour les communications privées du public celles des lignes électro-magnétiques de l'État déjà terminées, ci-après :

A. — A partir du 1^er^ octobre courant, celle de Berlin, par Brunswick, Hanovre et Cologne, sur Aix-la-Chapelle, avec l'embranchement de Dusseldorf sur Elberfeld;

B. — A partir de la même époque, celle de Berlin, par Wittenberg et Hagenow, sur Hambourg;

A partir du 15 octobre courant, celle de Berlin sur Stettin, et à partir du 27 octobre courant, celle de Berlin sur Francfort-sur-le-Mein.

Tant pour l'aller que pour le retour.

§ 2. Néanmoins cet emploi desdites lignes électriques par le public ne pourra avoir lieu qu'autant que la transmission régulière des différentes dépêches du gouvernement et de l'administration du chemin de fer le permettra.

§ 3. Sont susceptibles d'être expédiées par le télégraphe électrique de l'État, toutes les communications appropriées à une correspondance, et ne sont exclus de cette faculté que les seuls articles qui porteraient atteinte aux lois, ou qui, par des considérations de haute politique ou de bien public, seraient jugés non susceptibles de ce mode de transmission.

Si un doute vient à s'élever sur la question de savoir si une nouvelle est susceptible ou non de l'envoi par voie télégraphique, la difficulté sera soumise à l'appréciation de la direction télégraphique, dont le jugement sera sans appel.

§ 4. Chaque dépêche à expédier doit être signée du nom de l'expéditeur *et être écrite en langage intelligible et sans abréviations.*

Des dépêches qui ne rempliraient pas ces conditions seraient rendues aux expéditeurs, afin qu'ils les complètent ou les refondent.

Dans le cas où des dépêches, après avoir été transmises télégraphi-

quement à une distance partielle, devraient, à partir de la dernière station télégraphique, continuer jusqu'à leur destination finale, par estafette, par exprès ou par la poste (§ 13), la désignation d'un tel mode d'expédition devra être expressément spécifiée par l'expéditeur sur sa dépêche.

§ 5. Afin d'empêcher l'emploi abusif de la télégraphie de l'État, et de la rendre accessible à autant de correspondances que possible, pendant qu'un seul fil conducteur établira la communication des appareils entre eux, une dépêche télégraphique ne devra pas contenir plus de 100 mots, et ne devra entraîner, de la part du correspondant, qu'une seule réponse immédiate. De plus longues dépêches ou plusieurs dépêches successives d'un même expéditeur ne pourront être transmises que dans le seul cas où l'appareil ne serait pas requis par d'autres correspondants, soit dans la station même, soit dans les autres stations de la ligne.

§ 6. Jusqu'à ce qu'une station centrale soit établie à Berlin, à laquelle aboutiraient les diverses lignes télégraphiques, le dépôt des dépêches aura lieu en cette capitale, aux stations télégraphiques établies dans les gares de chemin de fer respectives. Il en sera de même à Magdebourg, Brunswick, Hanovre, Mindz, Dusseldorf, Cologne, Aix-la-Chapelle, Elberfeld, ainsi qu'à Wittenberg, Hagenow et Hambourg.

§ 7. Les bureaux télégraphiques sont ouverts régulièrement au public tous les jours, à l'exception des dimanches et jours de fête, savoir :

Du 1er avril au 30 septembre, de 7 heures du matin à 9 heures du soir ;

Du 1er octobre au 31 mars, de 8 heures du matin à 9 heures du soir.

Dans des cas urgents, les lignes télégraphiques pourront être utilisées de nuit, sous les conditions mentionnées au § 9.

§ 8. La déclaration des dépêches à expédier a lieu entre les mains du chef de la station télégraphique, ou, à son défaut, entre celles de son suppléant. L'un ou l'autre de ces derniers calcule, d'après le tarif, les frais d'expédition, les perçoit de l'expéditeur, les inscrit dans un journal de recette à ce spécialement destiné, et remet à l'expéditeur, avec la quittance de la somme perçue, un certificat de réception.

En même temps que les frais d'expédition on percevra :

A. — Les frais de commission de 5 silbergroschen (62 c. 1/2) (§ 14), et

B. — En ce qui est des dépêches à expédier en partie seulement, par le télégraphe (§ 13 et 14), les frais d'estafette, d'exprès ou de port dont le montant pourra être connu.

Si le chef de la station télégraphique est en doute sur le montant des frais mentionnés en B, il pourra recueillir des renseignements au bureau de poste de la gare respective.

Dussent ces frais ne pouvoir être évalués exactement, l'expéditeur aura pour les couvrir à déposer à la station télégraphique une somme proportionnée.

§ 9. L'évaluation des frais d'expédition est basée sur le nombre des mots, et c'est dans ce sens que le tarif a été établi. L'adresse, la signature et la date sont soumises à la taxe. Les chiffres isolés, les chiffres simples sont calculés aussi bien que les chiffres additionnés ou groupés. Par contre, il n'est pas tenu compte de la ponctuation. Ce sera au chef de la station télégraphique à décider ce qui devra être considéré comme un mot, sans qu'il y ait à en appeler de cette décision.

Le double des évaluations portées au tarif sera perçu pour des dépêches à expédier de nuit, c'est-à-dire de 9 heures du soir jusqu'au moment de la reprise du travail.

§ 10. L'expédition des dépêches a lieu d'après leur ordre de succession, eu égard au moment de leur première remise à la station télégraphique.

Une commande préalable ne sera pas prise en considération.

Lorsqu'il arrivera des communications télégraphiques des divers points, celles privées alterneront entre elles de telle façon que, par exemple, à une dépêche de Berlin pour Hambourg, il en succédera une de Hambourg pour Berlin; à celle-ci, une de Berlin pour Hambourg, etc.

Parmi les dépêches ayant une même direction, celles partant des points extrêmes de la ligne auront le pas sur celles provenant des stations intermédiaires.

§ 11. Tous les employés télégraphiques sont astreints au plus strict secret quant aux dépêches télégraphiques.

L'accès des chambres de travail des stations télégraphiques n'est permis que sur autorisation expresse soit de la direction, soit du chef

de la station respective ou de son suppléant, et seulement lorsque l'on ne télégraphiera pas.

§ 12. La dépêche télégraphique, aussitôt après son arrivée et sa transcription intégrale et lisible, sera scellée du cachet de la station télégraphique et envoyée au destinataire par un messager télégraphique assermenté ou, dans le cas du § 8, lettre B, par un facteur ou un courrier de la poste.

La remise exacte, avec indication du temps auquel elle aura eu lieu, sera certifiée par le destinataire sur un livre à quittance ou sur un récépissé spécial.

§ 13. Les dépêches dirigées sur des points avec lesquels il n'existera aucune communication télégraphique directe, seront recueillies par la dernière station qu'elles auront à toucher; là, elles seront convenablement traduites, scellées du cachet administratif de la station et réexpédiées à destination, conformément au vœu du destinataire, par la poste locale.

§ 14. Pour la remise de chaque dépêche télégraphique, que cette remise se fasse directement par la station télégraphique, ou qu'elle ait lieu par l'intermédiaire du bureau du poste local, il sera porté en compte une surtaxe de 5 silbergroschen (62 c. 1/2) qui sera perçue au moment de la remise de la dépêche.

Ce droit de commission sera également prélevé au profit du Trésor royal, dans le cas où les expéditeurs attendraient en personne et recevraient à la station télégraphique même les réponses à des demandes en renseignements télégraphiques.

§ 15. Dans des circonstances où, de l'expédition télégraphique de nouvelles par le public, il y aurait à craindre un danger pour l'État, l'emploi public du télégraphe pourra être entièrement suspendu par ordonnance du ministre soussigné.

Berlin, le 6 août 1849.

## EXTRAIT DU TARIF PROVISOIRE (PRUSSE).

| DÉSIGNATION DES TRAJETS. | DISTANCES en KILOMÈTRES. | 1 à 20 MOTS. | 21 à 30 MOTS. | 31 à 40 MOTS. | 41 à 50 MOTS. | 51 à 60 MOTS. | 61 à 70 MOTS. | 71 à 80 MOTS. | 81 à 90 MOTS. | 91 à 100 MOTS. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | fr. c. | fr. c. | fr. c. | fr. c. | fr. c. | fr. c. | fr. c. | fr. c. | fr. c. |
| De Berlin à Aix-la-Chapelle... | 705 | 19 32 | 24 15 | 28 98 | 33 81 | 38 64 | 43 47 | 48 30 | 53 13 | 57 96 |
| — Cologne..... | 635 | 17 34 | 21 67 | 26 01 | 30 34 | 34 67 | 39 00 | 43 33 | 47 66 | 52 00 |
| — Elberfeld..... | 628 | 17 09 | 21 36 | 25 63 | 29 90 | 34 17 | 38 44 | 42 71 | 46 98 | 51 25 |
| — Dusseldorf..... | 598 | 16 35 | 20 43 | 24 52 | 28 60 | 32 68 | 36 76 | 40 85 | 44 96 | 49 04 |
| — Minden..... | 373 | 10 15 | 12 69 | 15 23 | 17 77 | 20 31 | 22 85 | 25 39 | 27 93 | 30 47 |
| — Hanovre..... | 317 | 8 42 | 10 52 | 12 63 | 14 74 | 16 84 | 18 95 | 21 05 | 23 17 | 25 28 |
| — Brunswick..... | 249 | 6 93 | 8 67 | 10 40 | 12 13 | 13 86 | 15 60 | 17 33 | 19 06 | 20 80 |
| — Magdebourg..... | 146 | 3 95 | 4 95 | 5 94 | 6 93 | 7 92 | 8 91 | 9 90 | 10 89 | 11 88 |
| — Hambourg..... | 285 | 7 43 | 9 28 | 11 14 | 12 99 | 14 86 | 16 71 | 18 58 | 20 43 | 22 29 |
| — Hagenow..... | 191 | 5 57 | 6 96 | 8 35 | 9 74 | 11 14 | 12 53 | 13 92 | 15 32 | 16 71 |
| — Wittemberg..... | 126 | 3 71 | 4 64 | 5 55 | 6 50 | 7 43 | 8 35 | 9 27 | 10 20 | 11 14 |
| De Hambourg à Hagenow..... | 94 | 2 47 | 3 09 | 3 71 | 4 33 | 4 95 | 5 57 | 6 19 | 6 81 | 7 43 |
| — Wittemberg..... | 161 | 4 33 | 5 40 | 6 47 | 7 54 | 8 67 | 9 84 | 10 83 | 11 91 | 13 00 |
| De Hagenow à Wittemberg.... | 66 | 1 85 | 2 30 | 2 78 | 3 25 | 3 71 | 4 17 | 4 63 | 5 09 | 5 56 |

## HOLLANDE.

### *Copie d'un arrêté du Gouvernement hollandais relatif à l'établissement des télégraphes électriques.*

Nous, Guillaume II....., etc.

Considérant qu'en même temps que l'introduction des télégraphes électriques, comme moyen rapide de communications, mérite à tous égards d'être encouragée, il n'est pas moins important que le service de ces télégraphes soit soumis à des conditions propres à prévenir, dans l'intérêt général, les abus résultant de l'emploi de ce moyen de communication,

Avons arrêté et arrêtons :

ARTICLE 1er. Aucun télégraphe électrique ne pourra être établi ou mis en usage, soit sur la ligne des chemins de fer, soit sur les routes ordinaires, ou de toute autre manière, sans avoir obtenu auparavant notre approbation, sur la demande qui nous en aura été faite.

ART. 2. Les conditions suivantes sont attachées à la concession des télégraphes électriques, savoir :

1° Le tarif des prix pour le transport des nouvelles sera envoyé aux départements de l'intérieur et des finances et soumis par ces départements à notre approbation ;

2° Les nouvelles et les communications provenant de l'administration générale et des administrations provinciales et communales, ainsi que les nouvelles et communications qui leur seraient adressées, seront transmises de préférence à celles des particuliers ;

3° En temps de guerre, les télégraphes électriques seront placés sous la direction immédiate du département de la marine et de la guerre ;

4° En outre, chaque fois que des circonstances particulières pourront l'exiger, l'emploi de ces télégraphes pour le service particulier, par ordre ou sous la surveillance du gouvernement ou des chefs des administrations communales, sera interdit provisoirement, et même entièrement suspendu, à l'exception des communications qui ont rapport directement au service des chemins de fer.

5° Dans toutes les stations des chemins de fer il sera tenu des re-

gistres pour ces télégraphes, lesquels seront cotés et paraphés par le chef de l'administration communale, et établis d'après les modèles annexés à cet arrêté; toutes les nouvelles expédiées ou reçues devront, sans aucune exception, être inscrites sur ces registres;

6° S'il arrivait que plus tard l'usage multiplié fait par le public des télégraphes électriques portât préjudice aux intérêts financiers de l'administration des postes, la rétribution d'une juste indemnité au profit de cette administration, et réglée concurremment par les départements de l'intérieur et des finances, sera exigée des propriétaires des télégraphes électriques;

7° En tant qu'il s'agit d'établir des télégraphes en dehors des chemins de fer, les personnes qui auront obtenu des concessions seront tenues de s'entendre avec les administrations communales et les propriétaires des terrains, routes, digues, etc., pour la direction des lignes télégraphiques et l'établissement des stations nécessaires à ce service, et de se soumettre aux indications données par le gouvernement relativement à la direction de ces lignes.

ART. 3. Les contraventions au présent arrêté seront punies conformément aux dispositions de la loi du 6 mars 1818.

## FRANCE.

### ADMINISTRATION DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES.

*Extrait du traité passé entre l'administration télégraphique et les compagnies d'Orléans et du Centre pour l'établissement d'une ligne électrique.*

ARTICLE 1er. Les compagnies d'Orléans et du Centre concèdent à l'État le droit d'établir sur les chemins dont elles sont concessionnaires une ligne télégraphique électrique composée d'autant de fils qu'il jugera utiles à son service.

ART. 2. Les travaux de premier établissement et d'entretien seront exécutés aux frais de l'État et par ses soins, en se concertant avec les compagnies pour que leur exécution ne gêne en rien la marche des trains....

ART. 3. Les compagnies feront surveiller, mais sans qu'il puisse en résulter aucune responsabilité pour elles, les fils télégraphiques par leurs poseurs et leurs gardes. Elles donneront connaissance aux em-

ployés télégraphiques des accidents qui pourraient survenir à ces fils. En cas de rupture des fils, les gardes ou poseurs raccrocheront provisoirement les bouts séparés, en se conformant aux instructions qui leur seront données à cet effet. Pour l'exécution de cet article, les compagnies ne pourront être obligées à augmenter le nombre de leurs agents ni à faire aucune dépense.

ART. 4. Comme compensation des droits et avantages concédés par les compagnies à l'État dans les trois articles qui précèdent, celui-ci concède, de son côté, aux deux compagnies précitées, le droit d'établir sur leurs chemins et sur les embranchements de ces chemins qui sont ou seront exploités par lesdites compagnies un télégraphe électrique composé du nombre de fils nécessaire pour leur propre usage, limité à la transmission des dépêches intéressant leur service, soit sur leur ligne, soit sur les lignes en prolongement, et ce, aux conditions déterminées par les articles suivants.

Le nombre de ces fils est, quant à présent, limité à deux. Les fils supplémentaires ne seront établis que d'après les indications de l'administration pour assurer le parfait isolement.

L'un de ces fils servira à faire communiquer entre elles les stations. Il sera fourni et posé par l'administration télégraphique et à ses frais. L'autre, qui sera à courant continu, servira à mettre un train arrêté sur la voie en communication avec les dépôts ou les stations ; il sera fourni, ainsi que les appareils en porcelaine et les appareils de traction, par les compagnies, et posé par l'administration télégraphique et à ses frais. Tous les fils seront entretenus par l'administration télégraphique, sauf le cas du remplacement de ces fils et de leurs accessoires.

ART. 7. Les compagnies auront la libre jouissance, soit de jour, soit de nuit, des fils qui leur sont concédés pour la transmission des dépêches ayant pour objet leur service.

ART. 8. Les compagnies feront établir les appareils destinés à la transmission de leurs dépêches, soit avec des signes alphabétiques, soit avec tous autres signes. Elles devront seulement soumettre ces appareils à l'acceptation de l'administration télégraphique.

Elles pourront disposer leurs appareils de manière à communiquer directement avec telle station intermédiaire qui leur conviendra, sans être obligées de faire passer par toutes les stations intermédiaires les dépêches à transmettre entre deux directions consécutives. Il sera établi des directions à Orléans, Bourges, Châteauroux et Nevers.

ART. 9. Les compagnies demeurent libres de faire manœuvrer leurs appareils par leurs employés dans toutes les stations autres que celles de Paris, Orléans, Bourges, Châteauroux et Nevers.

Dans chacune de ces dernières gares, les deux employés préposés au service spécial des compagnies seront payés par elles et nommés néanmoins par l'administration télégraphique, sauf leur remplacement s'il est demandé par les compagnies. S'il est reconnu que ces deux employés sont insuffisants, l'administration pourra demander l'adjonction d'un troisième employé. Ils recevront un traitement de 90 francs par mois.

ART. 10. Toutes les dépêches transmises par les compagnies seront inscrites sur des registres avec numéro d'ordre et par date.

Ces registres seront toujours à la disposition des agents de l'administration, qui pourront les examiner et les contrôler.

ART. 11. Si les compagnies font un usage illicite du télégraphe pour la transmission de dépêches autres que celles spécifiées aux articles 4 et 7, le ministre de l'intérieur pourra, après enquête, prononcer la suspension du service tel qu'il a été établi ci-dessus sans aucune indemnité.

Dans le cas de suspension, le ministre de l'intérieur réglera, par l'arrêté qui la prononcera, les mesures à prendre pour que le service soit continué sans interruption par les agents de l'État sur les points par lui déterminés, et aux frais des deux compagnies, mais seulement pour les transmissions concernant la sécurité des voyageurs, l'exploitation du chemin et son entretien.

ART. 12. En cas d'accidents dans les fils du service de l'État, l'administration du télégraphe pourra faire usage des fils concédés aux compagnies.

Pendant la durée des réparations la priorité appartiendra au service du gouvernement.

ART. 13. Les compagnies donneront pour les administrateurs et inspecteurs des lignes télégraphiques quatre cartes de libre circulation dans les voitures de première classe.

Elles accorderont également la circulation gratuite dans les voitures de première classe aux directeurs attachés aux lignes télégraphiques établies sur les chemins d'Orléans et du Centre, et sur les chemins qui en sont le prolongement.

Elles accorderont, en outre, sur la demande de l'administrateur en

chef des lignes télégraphiques, des permis pour voyager dans les voitures de deuxième et troisième classe aux agents préposés à l'entretien des télégraphes électriques, mais seulement sur la portion de ligne comprise entre les deux directions où ils seront employés.

Les compagnies transporteront enfin gratuitement les employés, ouvriers et matériaux de toute nature qui seront employés à l'établissement et à l'entretien du télégraphe électrique, non-seulement sur leurs chemins, mais aussi sur les chemins en prolongement de ceux dont elles sont concessionnaires.

ART. 14. Si les compagnies réclament le service à grandes distances, c'est-à-dire de direction à direction, l'administration télégraphique fournira et posera un deuxième fil pour cet usage. Ce fil arrivera dans les bureaux des gares où seront les autres appareils des compagnies, et le service sera fait par des agents désignés au 2e paragraphe de l'article 9. Dans ce cas, les compagnies devront fournir aux directeurs d'Orléans, de Châteauroux et de Nevers un logement convenable accepté par l'administration; ou bien elles payeront une indemnité de logement de 1,200 fr. pour chacune de ces trois directions ci-dessus désignées. Les appareils seront fournis par la compagnie et acceptés par l'administration.

## *Loi sur la correspondance télégraphique privée.*

Des 3 juillet, 18 et 29 novembre 1850.

L'Assemblée nationale a adopté la loi dont la teneur suit :

ART. 1er. Il est permis à toutes personnes dont l'identité est établie de correspondre, au moyen du télégraphe électrique de l'État, par l'entremise des fonctionnaires de l'administration télégraphique.

La transmission de la correspondance télégraphique privée est toujours subordonnée aux besoins du service télégraphique de l'État.

ART. 2. Les dépêches, écrites lisiblement, en langage ordinaire et intelligible, datées et signées des personnes qui les envoient, sont remises par elles ou par leurs mandataires au directeur du télégraphe, et transcrites dans leur entier, avec l'adresse de l'expéditeur, sur un registre à souche. Cette copie est signée par l'expéditeur ou par son mandataire, et par l'agent de l'administration télégraphique.

Sont exemptés de la transcription sur le registre à souche les articles

destinés aux journaux et les dépêches relatives au service des chemins de fer.

ART. 3. Le directeur du télégraphe peut, dans l'intérêt de l'ordre public et des bonnes mœurs, refuser de transmettre les dépêches. En cas de réclamation, il en est référé, à Paris, au ministre de l'intérieur, et dans les départements au préfet ou au sous-préfet, ou à tout autre agent délégué par le ministre de l'intérieur. Cet agent, sur le vu de la dépêche, statue d'urgence.

Si, à l'arrivée au lieu de destination, le directeur estime que la communication d'une dépêche peut compromettre la tranquillité publique, il en réfère à l'autorité administrative, qui a le droit de retarder ou d'interdire la remise de la dépêche.

ART. 4. La correspondance télégraphique privée peut être suspendue par le gouvernement, soit sur une ou plusieurs lignes séparément, soit sur toutes les lignes à la fois.

ART. 5. Tout fonctionnaire public qui viole le secret de la correspondance télégraphique est puni des peines portées en l'article 187 du Code pénal.

ART. 6. L'État n'est soumis à aucune responsabilité à raison du service de la correspondance privée par la voie télégraphique.

ART. 7. Les dépêches télégraphiques privées sont soumises à la taxe suivante, qui est perçue au départ :

Pour une dépêche de un à vingt mots, il est perçu un droit fixe de trois francs, plus douze centimes par myriamètre.

Au-dessus de vingt mots, la taxe précédente est augmentée d'un quart pour chaque dizaine de mots ou fraction de dizaine excédant.

Sont comptées dans l'évaluation des mots l'adresse, la date et la signature.

Les chiffres sont comptés comme s'ils étaient écrits en toutes lettres.

Toute fraction de myriamètre est comptée comme un myriamètre.

Lorsqu'il sera établi un service de nuit, la taxe sera augmentée de moitié pour les dépêches transmises la nuit.

Le ministre de l'intérieur est autorisé à concéder des abonnements à prix réduit pour la transmission des nouvelles qui se rapportent au service des chemins de fer.

ART. 8. En payant double taxe, les particuliers ont la faculté de recommander leurs dépêches. Toute dépêche recommandée est vérifiée par une répétition de la dépêche faite par le directeur destinataire.

ART. 9. Indépendamment des taxes ci-dessus spécifiées, il est perçu pour le port de la dépêche, soit au domicile du destinataire, s'il réside au lieu de l'arrivée, soit au bureau de la poste aux lettres, un droit de cinquante centimes dans les départements et de un franc pour Paris.

Si le destinataire ne réside pas au lieu d'arrivée, la dépêche lui sera transmise, sur la demande et aux frais de l'expéditeur, par exprès ou estafette. Les conditions de ce service seront fixées par le règlement à intervenir en vertu de l'article 11 de la présente loi.

ART. 10. Les dépêches sont transmises selon l'ordre d'inscription pour chaque destination.

L'ordre des transmissions entre les diverses destinations est réglé de manière à les servir utilement et également.

Toutefois la transmission des dépêches dont le texte dépasserait cent mots peut être retardée pour céder la priorité à des dépêches plus brèves, quoique inscrites postérieurement.

Les dépêches relatives au service des chemins de fer qui intéresseraient la sécurité des voyageurs pourront, dans tous les cas, obtenir la priorité sur les autres dépêches.

ART. 11. La présente loi recevra son exécution à partir du 1er mars 1851.

Le service de la correspondance télégraphique privée, les conditions nécessaires pour constater l'identité des personnes et les dispositions réglementaires de la comptabilité seront réglés par un arrêté concerté entre le ministre de l'intérieur et le ministre des finances. Cet arrêté sera converti en un règlement d'administration publique dans l'année qui suivra la promulgation de la présente loi.

Délibéré en séance publique, à Paris, les 3 juillet, 18 et 29 novembre 1850.

*Le président et les secrétaires*,

Signé DUPIN, ARNAUD (de l'Ariége), CHAPOT, BÉRARD, DE HEECKEREN, PEUPIN.

La présente loi sera promulguée et scellée du sceau de l'État.

*Le président de la République*,

Signé LOUIS-NAPOLÉON BONAPARTE.

*Le garde des sceaux, ministre de la justice*,

Signé E. ROUHER.

La nécessité de constater son identité et l'élévation des prix du tarif ont soulevé en France de grandes récriminations, dont M. de Courcy s'est fait l'interprète dans les colonnes de *l'Univers* : nous n'exprimerions pas avec plus de netteté et de verve des sentiments que nous partageons pleinement ; et nous croyons, en conséquence, devoir céder à M. de Courcy les dernières pages de ce volume :

« Le gouvernement a récemment ouvert quelques lignes de télégraphes électriques en France, et contrairement à ses habitudes de monopole, il a bien voulu donner aux particuliers la faculté de se servir de cette voie pour la transmission de leurs dépêches. Mais, d'après le résultat financier de la première quinzaine d'opérations, qui accuse une recette d'un millier de francs, il est à craindre que ce mode de communication ne devienne jamais populaire et usuel, et ne couvre pas même les frais de son installation. Les télégraphes devraient être cependant une source de recettes pour le Trésor, comme la poste, et il en serait ainsi si le tarif n'était pas à un taux exorbitant et si la bureaucratie ministérielle n'avait pas retenu d'une main ce qu'elle semblait donner de l'autre. Un règlement muni d'une quantité d'articles interminables détermine les nombreuses conditions qu'il faut remplir pour avoir le droit de transmettre un message sur les fils conducteurs de la pensée. Ce sont autant d'entraves destinées à empêcher l'usage du télégraphe de pénétrer dans les mœurs, comme il s'est naturalisé aux États-Unis. Je me suppose arrivant d'Amérique au Havre ou à Boulogne. Le tricorne du gendarme et l'habit vert du douanier, voguant jusqu'au large pour s'emparer du navire avant son entrée au port, ont fait battre mon cœur des premières émotions de la mère-patrie. Après un interrogatoire minutieux, comme si j'étais un criminel, je réussis à retirer ma personne des mains de ces intéressants fonctionnaires, en leur laissant toutefois mon passe-port et mes effets, qu'ils se proposent d'examiner avec plus de loisir. Enfin, je débarque ; mais il est trop tard pour prendre le chemin de fer ; je brûle d'arriver à Paris, où ma famille inquiète m'attend avec une vive impatience. Je veux au moins leur apprendre mon arrivée, et je cours au bureau du télégraphe. Un personnage compassé, qui se croit administrateur parce qu'il est tracassier, me tient à peu près ce langage :

« Avez-vous votre passe-port? — Il est entre les mains des bons gen-
» darmes. — Avez-vous une autorisation de M. le maire pour vous
» servir du télégraphe ? — Le maire doit être couché. — Avez-vous

» le certificat de deux notables constatant que vous êtes irrépro-
» chable dans vos mœurs? Êtes-vous assisté de deux témoins pour
» établir votre identité? — J'étais, il y a deux heures, en mer, et je
» ne connais personne au Havre. — En ce cas, monsieur, repassez
» demain. » Et si le lendemain, muni de tous les papiers voulus, je m'obstine à vouloir user de cette voie expéditive, il me faut écrire ma dépêche sur un certain papier à tête imprimée, la recopier sur un certain registre, apposer ma signature sur plusieurs livres à souche (il y a beaucoup de souches dans ces bureaux); puis mon billet attendra son tour. J'aurais le temps d'être à Paris avant que ma dépêche, portée sur l'aile de la foudre, y pût arriver. Quelle est donc l'utilité de tout ce luxe de formalités, et quels services de telles entraves procurent-elles au public? C'est, dira-t-on, pour empêcher l'agiotage et pour sauvegarder le gouvernement contre des complots anarchistes. Mais c'est le monopole qui a toujours offert ces dangers, et non la liberté dans la transmission des nouvelles, qui porte avec elle son remède. Du moment que tout le monde peut savoir à Rouen qu'à telle heure le 5 pour cent était à 90 à Paris, et que la rue était libre d'émeute, personne ne se laisse entraîner dans des spéculations désastreuses, ni duper par un révolutionnaire compromettant. A la Bourse de New-York, les agents de change reçoivent chaque jour, pendant leurs séances, plusieurs centaines de dépêches télégraphiques, transmettant des ordres d'achat ou de vente. On connaît, minute par minute, les cours de Boston et de Philadelphie, et le taux des rentes se nivelle aussi instantanément dans ces trois centres commerciaux, sans fluctuations trop sensibles.

» Dans ce fameux règlement français, tous les articles sont destinés à ralentir les messages; il n'y en a pas un seul qui ait pour but de les activer, pas un qui fixe un maximum de durée pour la transmission électrique et punisse l'opérateur négligent. C'était cependant la seule chose essentielle. Aux États-Unis, il n'y a qu'un registre dans les offices de télégraphe en outre de ceux de la comptabilité. C'est le livre que porte le facteur et sur lequel les destinataires inscrivent l'heure et la minute de la réception de leurs missives, afin que l'administration sache si son agent a été ponctuel et le réforme au besoin. Aussi, grâce à cette promptitude et à cette absence de formes, on peut, en Amérique, correspondre à cent et deux cents lieues de distance, recevoir une première réponse, faire ses observations et recevoir une réponse

définitive ; tout cela dans la même journée. On termine en deux heures, et sans être vu, une affaire qui aurait demandé par la poste huit jours et plus ; en cas d'incendie, on demande du secours aux villes les plus éloignées ; en cas de vol, on donne le signalement du malfaiteur à toutes les polices environnantes, et le voleur est arrêté au moment où il se croit sûr de l'impunité. En cas de tempête au sud, on en donne avis au nord, afin que les navires ne prennent pas le large. En cas d'inondation, le télégraphe en instruit tout le parcours du fleuve, pour que les riverains puissent sauver leurs bestiaux, leurs denrées et se sauver eux-mêmes. L'électricité marche plus vite que le débordement des eaux. Pas de service que le télégraphe ne rende ; il est en Amérique une des nécessités de la vie, et son usage dans les affaires est encore moins répandu que dans les familles, où cette invention prodigieuse devient la providence des amis qui se séparent et des maris qui sont contraints de s'absenter. J'ai moi-même confié à ce fluide mystérieux plus d'un message affectueux, et je jouissais de la pensée que quelques paroles, fendant l'espace, allaient porter une consolation instantanée, faisaient disparaître la distance et me donnaient l'étrange privilége de l'ubiquité. J'ai vu, à un concert de Jenny Lind, le régisseur se présenter à la rampe et prononcer ces mots : « Si M. William Brown est dans la salle, il est prié de passer au bu- » reau, où il trouvera une dépêche très-importante à son adresse, re- » çue à l'instant de Chicago. » Aussitôt un gentleman se lève et quitte sa place. Sa famille savait sans doute qu'à cette heure il serait au concert, et le télégraphe permettait de l'informer d'une nouvelle dont l'arrivée plus ou moins prompte pouvait causer sa fortune ou sa ruine.

» Le bas prix du télégraphe, qui le met à la portée de toutes les bourses, est une autre cause de son utilité et de l'universalité de son usage aux États-Unis. Pour des villes distantes de soixante et quatre-vingts lieues, le tarif est actuellement de un franc pour dix mots et de dix centimes pour chaque mot additionnel. L'adresse, la signature et les mots : « Répondez-moi par télégraphe, » ne sont pas comptés, et le tarif baissera encore, car il y a déjà trois lignes électriques se faisant concurrence entre New-York et Boston, et trois entre New-York et Philadelphie, ce qui prouve la prospérité de cette industrie. Il est, du reste, bien peu de nouvelles qui ne puissent se condenser en dix mots ; l'économie apprend la concision ; le style télégraphique bannit les formules de politesse ; les « soyez assez bon pour (40 centimes) ;

les « je vous serais obligé de me faire l'honneur de » (1 franc); et Tacite eût dû naître à cette époque surprenante de progrès industriels. Le télégraphe exerce ainsi une influence peut-être fâcheuse sur le langage et les mœurs, en faisant perdre l'habitude des circonlocutions, en donnant de la précision aux dépens de l'urbanité, et ce n'est pas là un de ses moins curieux résultats.

» Il est superflu de dire qu'aux États-Unis le gouvernement a laissé l'industrie privée construire les télégraphes. Mais nous ne demandons pas qu'il en soit ainsi pour la France, si elle sait se créer une source d'impôts d'autant moins onéreux pour le public que le payement en sera volontaire, et si elle s'empresse de substituer partout, au vieux système toujours interrompu par le brouillard, un ensemble complet d'après le procédé inouï de Morse. Il n'en est malheureusement pas ainsi, et nous n'avons, après des années d'expérience, que quelques tronçons, tandis que l'Amérique présente un réseau de télégraphes qui couvrent tout le pays. Un fil de fer relie Québec et la Nouvelle-Orléans, ces deux villes françaises, séparées par une distance de douze cents lieues, et cet espace est annihilé par la pensée qui peut se mettre en communication en quelques heures avec une autre pensée. Il y a moins de deux siècles, quand, en 1673 et 1682, le père Marguette et le chevalier de La Salle découvrirent le cours du Mississipi et lui trouvèrent une communication navigable avec les Grands Lacs, il fallait six mois aux hardis Canadiens qui avaient monté leur canot d'écorce au golfe Saint-Laurent pour venir débarquer au golfe du Mexique.

» Du moment qu'on admet que le secret des lettres confiées à la poste ne doit pas être violé par le gouvernement, il n'y a aucune raison valable pour exiger l'identité des signataires de dépêches pour contrôler l'exactitude des signatures, ou pour dévoiler le mystère des correspondances télégraphiques en les copiant sur des registres timbrés et paraphés. Toutes ces minuties font créer de nouveaux emplois et grèvent d'autant le budget sans rendre de services appréciables. En Amérique, il n'est pas de négociant qui ne se serve journellement et régulièrement du télégraphe; mais la plupart ont un langage emblématique, un alphabet en chiffres ou un vocabulaire grotesque dont leur correspondant a la clef, et qui leur permet de ne pas divulguer leurs affaires au premier venu. On signe de plus presque toujours par un pseudonyme de convention, ce qui est le meilleur moyen d'éviter

l'usurpation des signatures; et il nous semble que l'administration française, en voulant prémunir le public contre la fraude, éloignera de ses télégraphes les grandes affaires, au lieu de se les attirer. Une autre facilité dont nous recommandons l'adoption, c'est qu'on peut, en adressant une dépêche, payer en même temps pour la réponse, en sorte que la personne à qui l'on écrit n'a pas de prétexte pour se dispenser de dire ce qu'on lui demande, et le facteur réclame cette réponse en délivrant le message.

» Chaque année les journaux publient que le ministère du commerce envoie tel inspecteur en Amérique pour y étudier les chemins de fer; celui de l'agriculture, tel agronome pour inventer une nouvelle pomme de terre, picotiane, tréculiane ou autre variété moins bonne que la modeste parmentière; le ministère des finances délègue un autre inspecteur pour étudier les institutions de crédit, et son collègue de l'instruction publique fait partir un quatrième inspecteur pour parcourir les écoles en y prenant des notes, ou un géologue pour dépeupler de cailloux les montagnes Rocheuses, le tout à grands frais, comme si les boulevards n'avaient pas assez de macadam. Ces messieurs doivent publier au retour de beaux rapports qui dorment paisiblement dans les cartons, mais nous ne voyons pas qu'ils fassent sortir l'administration de sa routine, ni qu'ils la corrigent par l'exemple de l'Amérique des idées françaises de monopole, de chiffres et de centralisation. »

Nous avons combattu dans cet ouvrage la suppression demandée par M. de Courcy du télégraphe Chappe qu'il appelle le *vieux système*, et nous sommes convaincu plus que jamais que la télégraphie électrique n'est pas une télégraphie gouvernementale. On rétablira certainement ce que l'on a si imprudemment détruit et on le complétera par l'adoption de la télégraphie de nuit de M. Jules Guyot.

A ce que M. de Courcy nous raconte de l'Amérique, ajoutons que M. Morse, le célèbre surintendant des télégraphes américains, annonce à M. Arago, dans une lettre toute récente, que le réseau des lignes établies s'étend sur un développement de cinq mille lieues!

FIN.

R.F. IMPRIMÉS 1910

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE
R.F.
IMPRIMÉS.

# TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

## CONTENUES DANS CE VOLUME.

---

## PREMIÈRE PARTIE.

### DE LA TÉLÉGRAPHIE EN GÉNÉRAL, ET DE LA TÉLÉGRAPHIE ANCIENNE DE JOUR ET DE NUIT.

### CHAPITRE PREMIER.

#### DE LA TÉLÉGRAPHIE EN GÉNÉRAL ET DES DIVERS AGENTS TÉLÉGRAPHIQUES.

Signification générale et particulière du mot télégraphie. Immense variété des moyens de communication donnés aux divers êtres de la création. 2
A quoi peuvent se réduire les signes télégraphiques. 3
Premier agent télégraphique : *le mouvement de translation.* 4
Second agent télégraphique : *le son.* 5
Troisième agent télégraphique : *la lumière.* 7
Conditions de la télégraphie optique, lumière blanche et colorée. 8
Héliotrope de Gauss. 10
*La chaleur*, transmetteur des signaux. 10
Quatrième agent télégraphique : *l'électricité.* 10
Difficultés de l'électricité statique, succès de l'électricité voltaïque. 11

### CHAPITRE II.

#### QUALITÉS ESSENTIELLES D'UN BON TÉLÉGRAPHE OPTIQUE.

Télégraphe Chappe, signaux, mécanisme, manœuvre. 12
Découverte de la télégraphie par les frères Chappe. 13
Description du télégraphe Chappe. de 15 à 24
Excellence et perfectionnements possibles du télégraphe Chappe. Télégraphe Flocon. 25 à 26
Télégraphe prussien. 26
Télégraphe anglais. 27
Télégraphe Gonon. 27

### CHAPITRE III.

#### APPLICATION DES SIGNAUX A L'EXPRESSION DE LA PENSÉE. — LANGUE TÉLÉGRAPHIQUE.

Signaux du télégraphe Chappe, leur distribution, leur nombre. 28 à 33
Nouveau vocabulaire d'Abraham Chappe. 33 à 37
Traduction des signaux Chappe en ensembles de points, de chiffres et de sons, par M. Dujardin, de Lille. 37 à 42

## CHAPITRE IV.

DE L'UTILITÉ DE LA TÉLÉGRAPHIE. — DE LA TÉLÉGRAPHIE DE NUIT.

Utilité et nécessité de la télégraphie de jour. 43
Insuffisance de la télégraphie de jour. 44
Nécessité de la télégraphie de nuit. 46
Conditions que doit remplir la télégraphie de nuit. 47
Essais de Chappe et de MM. Saint-Haouen et Alphonse Foy. 48
Divers modes d'illumination des télégraphes. 49
Télégraphe de nuit de M. Jules Guyot. 49 à 50
Hydrogène liquide. 51
Expérience de Paris à Dijon. Succès complet. 51
Plaidoyer en faveur de la télégraphie ancienne de jour et de nuit. 52
La télégraphie électrique n'est pas une télégraphie gouvernementale. 53
Télégraphe de Chappe de Paris à Lille fatalement detruit. 55
Télégraphie aérienne de jour et de nuit appliquée aux chemins de fer. Système de M. Jules Guyot. 55
Système de M. Treutler de Berlin. 57

# DEUXIÈME PARTIE. — PREMIÈRE SECTION.

## HISTOIRE DE LA TÉLÉGRAPHIE.

## CHAPITRE PREMIER.

### PREMIÈRE ÉPOQUE.

Passage curieux, extrait de Strada. 58
Essai de Lesage, sa lettre à l'empereur de Russie. 59
Essai de Lomond. 60
Reiser, Salva, Cavallo. 61
Betancourt, Ronalds. 62

### DEUXIÈME ÉPOQUE.

Découverte de la pile de Volta. 62
Télégraphe de Sœmmering, son merveilleux ensemble. 63
Schweigger. 65
Coxe. 65

## CHAPITRE II.

### TROISIÈME ÉPOQUE.

Découverte d'Oersted, action du courant sur l'aiguille aimantée. 66
Multiplicateur de Schweigger. 66
Fechner et Ampère, première idée du télégraphe à aiguille. 67
Richtie et Alexander. 69

### QUATRIÈME ÉPOQUE.

Découverte de l'action du courant sur les courants par Ampère. Solénoïde. 69

Découverte des propriétés magnétisantes des courants électriques, par M. Arago. 70
Electro-aimants de Sturgeon, Pouillet, Henry, Robert. 71
Découverte des courants d'induction par Faraday. 71
Machines magnéto-électriques. 72
Découverte de la pile à effet constant, par Daniell. 73
Prétentions de M. Morse, son télégraphe, réclamation de M. Jackson. Discussion de ses droits. 75 à 79
Essais du baron Von Schilling. 79
Expériences de Gauss et Weber. 80
Télégraphe de Steinheil. 80 à 84
Télégraphe de M. Amyot. 84
Expériences de M. Masson et de MM. Masson et Bréguet. 85

## CHAPITRE III.

### CINQUIÈME ÉPOQUE.

Premier télégraphe à aiguilles de M. Wheatstone, progrès immense et réalisation de la télégraphie. 86 à 90
Essai de M. Davy. 90
Télégraphe électro-physiologique de M. Vorsselman de Heer. 90 à 95

## CHAPITRE IV.

### SIXIÈME ET DERNIÈRE ÉPOQUE.

Télégraphe à cadran de M. Wheatstone. 95 à 98
Association de MM. Cooke et Wheatstone. 98
Premier télégraphe de M. Bain, ses travaux successifs, ses réclamations, ses discussions avec M. Wheatstone. 99 à 102

## CHAPITRE V.

### DES APPLICATIONS DIVERSES DU PRINCIPE DE LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

Impression des dépêches. Télégraphes écrivants et imprimants. Télégraphe électro-chimique de M. Bain. Télégraphe autographique. 103 à 111
Horloge électro-télégraphique. 111
Priorité de M. Wheatstone à l'idée théorique des horloges électriques. 112
Réclamation de M. Bain. 114 à 118
Droits certains de M. Steinheil. 118
Système de sonnettes mises en mouvement par le courant électrique. 120
Appareils pour la comparaison de deux pendules. 120
Moyen de soustraire les pendules astronomiques aux diverses influences perturbatrices. Projet de M. Faye. 121
Détermination de la différence des longitudes. 124
Application à l'étude des ouragans, par M. Espy. 127
Thermomètre, baromètre, psychromètre, hygromètre, anémomètre électrique de M. Wheatstone. 128 à 132

Chronoscope, moyen de mesurer des intervalles extrêmement courts. 132
Idée de M. Pouillet. 132 à 137
Chronoscope de MM. Bréguet et de Konstantinoff. 138 à 142
Réclamation de M. Wheatstone. 142 à 150
Réponse de M. Bréguet. 150
Droits de priorité certains de M. Wheatstone. 151
Note de M. Jacobi. 151
Note décisive publiée en 1840 par M. Quételet. 153
Chronoscope de M. Siemens. 153
Chronoscope de M. Joseph Henry. 155
Loch électrique de M. Bain. 156
Merveilles de la télégraphie électrique. 156 à 158

## SECONDE SECTION.

### THÉORIE DE LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

### CHAPITRE PREMIER.

#### VITESSE DE PROPAGATION DE L'ÉLECTRICITÉ.

Expériences anciennes. 159
Durée des éclairs, par M. Arago. 160 à 167
Comment constater l'avance ou le retard de deux phénomènes lumineux, par M. Arago. 168
Durée de l'étincelle électrique et vitesse de l'électricité, par M. Wheatstone. 169 à 181
Vitesse de propagation de la lumière, par M. Fizeau. 181 à 183
Vitesse de l'électricité, par MM. Fizeau et Gounelle. 183 à 193
Examen des expériences de MM. Walker et Mitchel sur la vitesse de l'électricité, par M. Fizeau. 194 à 206
Vitesse la plus probable du courant électrique. 206

### CHAPITRE II.

#### LOI DE LA PROPAGATION DU FLUIDE ÉLECTRIQUE, RAPPORTS ENTRE LA PUISSANCE ET LA RÉSISTANCE.

Découverte des lois de propagation du fluide électrique; historique tracé par M. Pouillet. 207 à 212
Réclamation en faveur de Ohm. 212 à 213
Faits principaux de la propagation de l'électricité. 214
Détermination des constantes des circuits voltaïques, par M. Wheatstone. 215 à 240
Lois de Ohm. 213 à 219
Terminologie. 219
Méthodes. 220
Rhéostat. 221
Unité de mesure de la résistance. 224

Evaluation de la résistance. 226
Mesure de diverses forces électro-motrices. 228
Divers procédés pour la détermination de la résistance. 229 à 234
Usage du galvanomètre pour mesurer les forces électro-motrices. 234 à 236
Appareil différentiel pour la mesure de la résistance. 236 à 237
Degré de l'échelle galvanomètrique correspondant à l'intensité. 236
Déviations correspondantes aux divers degrés de force. 240
Pratique des théories et des méthodes de M. Wheat tone. 240
Conditions de succès de la télégraphie. 241

## CHAPITRE III.

### DE LA TERRE CONSIDÉRÉE DANS SES RAPPORTS AVEC LA TRANSMISSION DES COURANTS.

Expériences anciennes sur la conductibilité de la terre. Expériences de M. Bain. 244
Expériences de M. Matteucci, première série. 247 à 249
Experiences de M. Magrini. 249 à 255
Expériences de M. Matteucci, seconde série. 255 à 259
Expériences de M. Bréguet. 259
Prévisions de la théorie d'Ampère. 260
Explication et théorie de la conductibilité de la terre. 261 à 265
Objections de M. Matteucci et réponses. 265 à 268
Nouvelles expériences de M. Matteucci. 268 à 272
Réfutation de M. Matteucci. 272 à 275
Singulière théorie de M. Pouillet. 275
Conclusions, notion véritable de la conductibilité de la terre. 278
Dernières recherches de M. Matteucci, énoncés incroyables. 280

## CHAPITRE IV.

### DE LA RÉSISTANCE TOTALE DU CIRCUIT ET DE LA FORCE ÉLECTRO-MOTRICE NÉCESSAIRE A LA TRANSMISSION DES SIGNAUX.

Conditions de bon fonctionnement d'un télégraphe à cadran. 282
Résistance intérieure de la pile. 283
Résistance du fil de l'électro-aimant. 284
Résistance du fil conducteur. 284
Détermination de la force électro-motrice. 285
Isolement imparfait des fils, courants dérivés. 286
Influence de l'électricité atmosphérique, du magnétisme terrestre et des aurores boréales. 290 à 293
Fils conducteurs aériens et souterrains. 293
Fils recouverts de gutta-percha. 295
Méthode pour reconnaitre les solutions de continuité. 296 à 298
Comparaison des deux espèces de conducteurs, aériens et souterrains. 298
Phénomènes propres des conducteurs souterrains. 298 à 300
Courants en sens contraire propagés à la fois dans un même fil. 301

## CHAPITRE V. — SUPPLÉMENTAIRE.

SUR LE MODE DE TRANSMISSION DES COURANTS ÉLECTRIQUES ET LA THÉORIE ÉLECTRO-CHIMIQUE, PAR M. AMPÈRE.

Electricité propre des molécules des corps. 302
Atmosphères électriques des atomes. 304
Mouvement de l'électricité dans les corps conducteurs. 305
Combinaison de deux molécules douées d'électricités contraires. 308
Décompositon des corps sous l'action de la pile. 310
Explication des expériences de M. Pouillet sur le dégagement de l'électricité dans les décompositions. 311
Combinaison de deux molécules douées de même électricité. 313
Explication de la propagation de la lumière par les forces électriques. 316
Théorie de la pile. Electricité de contact. 317 à 320
Electricité atmosphérique. 320

# TROISIÈME SECTION.

## APPAREILS DE LA TÉLÉGRAPHIE.

## CHAPITRE PREMIER.

APPAREILS PRÉLIMINAIRES ET ACCESSOIRES.

Appareils générateurs du courant. De la pile et de ses différentes formes. 321 à 328
Pile à sable. 322
Pile de M. Wheatstone. 323
Pile de Daniell. 324
Pile de Grove. 324
Pile de Bunsen. 325
Perfectionnement de MM. Lemolt et Archereau. 326
Fixateur de la lumière électrique de M. Jules Duboscq. 326
Appareils électro-magnétiques et leurs différentes formes. 328
Electro-aimant. 329
Machines magnéto-électriques. 329
Celle de MM. Pixii et Stoehrer. 331
Celle de M. Billant ; celle de M. Wheatstone. 332
Machine anglaise. 333
Machines de M. Dujardin. 334
Machine de M. Glaesener. 335
Appareils interrupteurs du courant galvanique. 335
Interrupteur de Neef. 335
Interrupteur de M. Froment. 336
Contact mobile de M. Denis. 336
Relais ou appareils destinés à mettre en action une seconde pile. 337
Relais de M. Wheatstone. 337

Relais ou pendule de M. Kramer. 339
Appareils mesureurs de l'intensité du courant. 340
Galvanomètre de M. Billant. 341
Boussole des sinus. 341
Celle de l'administration française des télégraphes. 342
Boussole des tangentes. 343
Appareils relatifs aux fils conducteurs. 343
Poteau souteneur des fils. 343
Poteau extenseur des fils. 343
Parafoudre des poteaux ; celui de M. Walker. 345
Parafoudre à plaques de M. Steinheil. 347
Parafoudre de M. Fardely. 347
Parafoudre de M. Meisner. 347
Appareils pour la confection et l'essai des fils en gutta-percha. 348 à 352

## CHAPITRE II.

### APPAREILS DE TÉLÉGRAPHIE HISTORIQUES.

Télégraphe de Ronalds. 352
Télégraphe électro-chimique de Soemmering. 354 à 358
Télégraphe de Gauss et Weber. 358
Télégraphe d'Alexander. 359
Télégraphe graphique et phonétique de M. Steinheil 360 à 364
Télégraphe à cinq aiguilles de M. Wheatstone. 364
Télégraphe électro-physiologique de M. Vorsselman de Heer. 364
Premier télégraphe imprimant de M. Bain. 365 à 368
Télégraphe électro-magnétique de M. Palmiéri. 368
Appareils télégraphiques de M. Glaesener. 369 à 372

## CHAPITRE III.

### TÉLÉGRAPHES A AIGUILLES.

Télégraphe élémentaire à une seule aiguille pour le service des chemins de fer, de Cooke et Wheatstone. 372
Télégraphe des mêmes à une seule aiguille pour les correspondances télégraphiques. 373
Télégraphe à deux aiguilles des mêmes, perfectionné par M. Walker. Chevilles mobiles. Bobines mobiles. Appareil silencieux. Alarme ou carillon. Poignée de sonnette. Court circuit. Touche sonnante. 374 à 380
Ensemble d'une ligne télégraphique avec télégraphe à deux aiguilles. 381
Bureau du télégraphe. 384 à 388
Vocabulaire du télégraphe à deux aiguilles. 388
Mode de correspondance. 390
Télégraphe à deux aiguilles adopté en France. Conducteur, récepteur, manipulateur, interrupteur de pile, signaux. Vocabulaire, manipulation, disposition du poste, commutateur de récepteurs, régulateur de la pile,

mode de communication, relais, dérangement. 392 à 413
Appareil primitif de M. Bréguet : télégraphe à deux aiguilles représentant les signaux des télégraphes anciens. 413
Télégraphe à une seule aiguille de M. Bain. 414

## CHAPITRE IV.

### TÉLÉGRAPHES A CADRAN.

Télégraphe à cadran de M. Wheatstone. 418
Ce télégraphe modifié par M. Bréguet. 422
Télégraphe à cadran de M. Paul Garnier. 425
Télégraphe à cadran de M. Pelchrzim. 426
Télégraphe à cadran de M. Drescher. 428
Télégraphe à cadran de MM. Siemens et Halske. 432
Télégraphe à cadran du docteur Kramer. 441
Télégraphe à cadran de M. Froment. 444

## CHAPITRE V.

### TÉLÉGRAPHES ÉCRIVANTS ET IMPRIMANTS.

Télégraphe de M. Morse. 446
Modifications proposées par M. Stoehrer. 455
Télégraphe écrivant de M. Froment. 456
Télégraphe écrivant et acoustique de M. Dujardin, de Lille. 457
Mécanisme imprimant du télégraphe de M. Siemens. 464
Précautions à prendre aux lieux d'interruption, amalgame de platine et d'or. 468
Télégraphe imprimant de M. Brett ; compositeur, imprimeur, régulateur, sonnerie, communicateur. 469 à 477
Télégraphe électro-chimique de M. Bain ; imprimeur, régulateur, commutateur, alphabet. 477 à 483

## CHAPITRE VI.

### APPAREILS RELATIFS AUX APPLICATIONS DE LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

Des horloges électriques en général. 484
Pendule électro-magnétique de M. Bain. 487
Horloges électro-magnétiques de M. Bain. 488
Appareils chrono-électriques de M. Paul Garnier. 490
Horloges électriques de M. Weare. 494
Horloge électrique sans pendule. 495
Balancier électrique avec piles sèches. 495
Applications diverses de la télégraphie électrique à la transmission du temps. 495
Horloges électriques de M. Froment. 497
Pendule à mouvement continu de M. Franchot. 497
Appareil de M. Bréguet pour mesurer la vitesse des projectiles. 499

Enregistreur électro-magnétique des observations météorologiques de M. Wheatstone. 501
Anémomètre de M. Abria. 506
Appareil pour les observations astronomiques de M. Bond. 507

## QUATRIÈME SECTION.

### ÉTABLISSEMENTS, SERVICES, AVENIR ET LÉGISLATION DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES ÉTABLIES.

### CHAPITRE PREMIER.

#### LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES ÉTABLIES.

Lignes d'Angleterre. 508
Compagnie anglaise de télégraphie électrique. 511
Catalogue des lignes installées par la compagnie. 513
Liste alphabétique des stations de télégraphes. 517
Bureau central des télégraphes électriques à Londres. 518
Lignes télégraphiques de l'Amérique. 519
Énumération des lignes principales. 520
Lignes télégraphiques de l'Allemagne. 523
Lignes de Prusse. 523
Ligne d'Autriche, de Saxe et de Bavière. 524
Lignes particulières, détails circonstanciés. 525 à 530
Lignes françaises de télégraphie électrique. 530
Historique de l'établissement de la première ligne de Paris à Rouen. 531
Cause occasionnelle de l'adoption du télégraphe électrique en France. 535
Catalogue des lignes françaises. 535
Lignes de Toscane. 536
Comparaison des dépenses d'établissement des lignes télégraphiques dans les divers pays. 537
Comparaison des divers télégraphes ; jugement de M. Morse. 537
Jugement de M. Steinheil. 538
Jugement de l'auteur de cet ouvrage. 541
Télégraphe de M. Stoehrer. 541
Perfectionnement de l'appareil de M. Morse. 543

### CHAPITRE II.

#### SERVICES RENDUS PAR LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

Correspondances gouvernementales et privées. 544
Le télégraphe électrique, moyen incomparable de correspondance. 545
Multiplicité et variété des services rendus par le télégraphe électrique. 545
Exemples mémorables de correspondances par le télégraphe électrique; résultats merveilleux. 546 à 552
Rapidité et fidélité extraordinaires des télégraphes anglais. 553
Services rendus aux chemins de fer par le télégraphe électrique. 553

Nombre des dépêches transmises pour les besoins des chemins de fer anglais. 554
Trains spéciaux impossibles sans le télégraphe électrique. 555
Bienfaits particuliers et extraordinaires apportés aux chemins de fer par le télégraphe électrique. 556
Chemins de fer sans et avec le télégraphe électrique. 557
Chemins de fer à une voie comparables aux chemins à deux voies avec l'assistance du télégraphe électrique. 558
Circulation d'un chemin de fer avec l'assistance du télégraphe électrique. 560
Contrôleur des lignes de chemins de fer de M. Steinheil. 567
Contrôleur des chemins de fer de M. Bréguet. 571

## CHAPITRE III.

### AVENIR DE LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

Application de la télégraphie électrique aux services publics d'intérêt général et privé, proposition de M. Bréguet. 572
Imprimerie électrique. 574
Journal électrique; poste électrique. 574
Centralisation et décentralisation de l'administration par le télégraphe électrique. 577
Le télégraphe électrique dans l'intérieur de Paris et de la banlieue; projet de M. Aristide Dumont. 578
Télégraphe sous-marin entre la France et l'Angleterre, de Calais à Douvres. 582
Expérience de M. Walker. 582
Projet de M. Brett. 584
Formation et statuts de la compagnie anglo-française. 585
Première communication télégraphique entre la France et l'Angleterre. 587
Projet de télégraphe électrique entre l'Amérique et l'Europe. 589

## CHAPITRE IV.

### TARIFS ET LÉGISLATION DE LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

Statuts de la compagnie de télégraphie électrique anglaise. 591
Taxe anglaise des correspondances télégraphiques. 592
Tarif des télégraphes électriques américains. 593
Règlement des télégraphes prussiens. 594
Tarifs des télégraphes prussiens. 598
Règlements et tarifs des télégraphes hollandais. 599
Traité entre l'administration télégraphique et les compagnies d'Orléans et du Centre. 600
Loi française sur la correspondance télégraphique privée, et tarifs. 603
Tracasseries inutiles et mesquineries de cette législation. 606

FIN DE LA TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES.

BIBLIOTHÈQUE IMPÉRIALE IMPRIMÉS. R. F.

BIBLIOTHÈQUE IMPÉRIALE
R. F.
IMPRIMÉS.

# TABLE ALPHABÉTIQUE ET RAISONNÉE

## DES NOMS DES AUTEURS CITÉS DANS CET OUVRAGE.

**ABRIA**. Anémomètre enregistreur par l'électricité, 506.

**ADAM**. S'est servi du chronoscope de M. Wheatstone, 147.

**ADOR**. Transmission télégraphique par l'air comprimé, 4.

**AIRY**. Son témoignage en faveur de M. Wheatstone, 114.

**ALEXANDER**. Construction d'un modèle de télégraphe à aiguilles, 69. — Description de son télégraphe, 359.

**AMPÈRE**. Projet de télégraphe par la déviation des aiguilles, 67. — Découverte de l'action du courant sur les courants, 69. — Transmission des courants électriques, et théorie électro-chimique, 302 à 317.

**AMYOT**. Son modèle de télégraphie électrique, sa réclamation, ses prétentions, 84.

**ARAGO**. Réclamation en faveur de Sœmmering, 68. — Découverte des propriétés magnétisantes des courants électriques, 70. — Date réelle, officielle et authentique des publications scientifiques, 77. — Durée des éclairs, 160. — Durée de la sensation lumineuse, 161. — Comment on peut constater l'avance ou le retard de deux phénomènes lumineux, 168. — Belle réclamation en faveur des ouvriers que les savants s'associent dans leurs travaux, 118. — Portée attribuée aux premiers essais de télégraphie électrique en France, 280. — Doutes sur les expériences de télégraphie faites en Angleterre, 532. — Explication donnée à la chambre des représentants; protestation en faveur de la télégraphie électrique, 536. — Ses dispositions à l'égard de M. Wheatstone, 536. — Il le presse de venir à Paris, 531.

**ARCHEREAU**. Perfectionnement apporté à la pile de Bunsen, 325.

**ARNOLT**. Prend partie pour M. Wheatstone, 116.

**BACHE**. Détermination des longitudes par le télégraphe électrique, 124.

**BADDELAY**. Confident de M. Bain, 114.

**BAILLET-SONDALOT**. Idée de télégraphie électrique, 85.

**BAIN**. Première idée de son télégraphe imprimant, 99. — Sa réclamation contre M. Wheatstone, 100. — Priorité qu'il s'attribue, appréciation de ses prétentions; son opposition au bill de la compagnie de télégraphie électrique, de 100 à 102. — Découverte merveilleuse de son télégraphe électro-chimique, 105. — Résultats étonnants qu'il a obtenus, 106. — Réclamation de priorité de l'invention du télégraphe électrique-autographe, 110. — Réclame la priorité de la découverte des horloges électriques, 114. — Son loch électrique pour mesurer la vitesse des navires, 156. — Son télégraphe employé par M. Walker à mesurer la vitesse de l'électricité, 591. — Expériences sur la conductibilité du sol, 244. — Découverte du pouvoir électro-moteur de

la terre humide, 246. — Description de son premier télégraphe imprimant, 365. — Description de son télégraphe à une seule aiguille, 414. — Description de son télégraphe électro-chimique écrivant, 477 à 482. — Avantage de son alphabet sur celui de Morse, 483. — Son pendule électro-magnétique, 487. — Ses horloges électro-magnétiques, 488. — Son télégraphe à aiguilles proclamé excellent, 541. — Son télégraphe électro-chimique proclamé incomparable pour la transmission des longues dépêches, 541.

BAKEWELL. Télégraphe électrique-autographe, 110.

BALL. Application du télégraphe électrique à l'étude des ouragans, 127.

BARLOW. Influence de l'électricité atmosphérique sur les fils conducteurs des télégraphes, 290.

BARWISE. Prétend, avec M. Bain, à la découverte des horloges électriques, 115.

BASE. Expériences sur la propagation de l'électricité à travers le sol, 243.

BAUMGARTNER. Influence de l'électricité atmosphérique sur les fils conducteurs des télégraphes, 290. — Établit les lignes de télégraphie électrique de l'Autriche; sa modification du télégraphe à aiguille de Bain, 529.

BECQUEREL. Piles électriques à courant constant, mais très-faible, 73.

BEIL. Établit la ligne télégraphique de Francfort à Castel et Wiesbaden, 526.

BELLON. Idée du télégraphe électrique, 85.

BÉTANCOURT. Essai de transmission des signaux par l'électricité, 62.

BEUDANT. Vitesse de translation du son dans l'eau, 5.

BILLANT. Machine électro-magnétique, 72. — Description de cette machine, 332. — Description de son galvanomètre, 340.

BOND. Appareil électrique pour les observations astronomiques, 507.

BOQUILLON. Date erronée donnée à la découverte du télégraphe de Wheatstone, 86.

BOUCHERIE. Ses procédés d'injection des bois, appliqués aux poteaux des chemins de fer, 345.

BOUGUER. Vision du Chimborazo à 45 lieues, 7.

BRÉGUET. Expériences avec la machine magnéto-électrique de Billant, 72. — Expérience de télégraphie électrique, 85. — Construction d'un chronoscope commandé par M. de Konstantinoff, 138. — Réplique à l'attaque de M. Wheatstone, relativement à l'invention du chronoscope; ses rapports avec le savant anglais, 150. — Invoque le témoignage de M. Régnault, 150. — Expériences sur la conductibilité de la terre, 259. — Expériences sur l'isolement des fils, 286. — Influence très-limitée de l'humidité; objection de M. Matteucci, 287. — Courants en sens contraire traversant simultanément le même fil, 301. — Croit avoir fait le premier usage des relais électriques, 337. — Proposition d'un parafoudre, 346. — Appréciation du télégraphe anglais à aiguilles, 392. — Description de son télégraphe à cadran, 422. — Nouveau manipulateur, 423. — Description de son appareil pour mesurer la vitesse des projectiles, 499. — Établit, avec M. Gounelle, le télégraphe électrique de Paris à Rouen, 533. — Première correspondance, 534. — Son télégraphe à cadran adopté

en Toscane, 539.—Dépenses d'établissement des lignes télégraphiques, 536. — Description de son contrôleur des chemins de fer, 571. — Application de la télégraphie électrique aux services publics d'intérêt général et privé, 572. — Poste électrique, 573. — Journal électrique, 573. — La télégraphie et la France en 1860, 573. — Centralisation et décentralisation, 576. — Avenir, 577.

**BRETT.** Découverte de son télégraphe imprimant, 105. — Sa description, de 469 à 477. — Il est regardé comme le plus élégant, 541. — Entreprend l'établissement du télégraphe sous-marin entre la France et l'Angleterre, 582. — Concession obtenue du gouvernement français, 584. — Société en commandite pour l'exécution de son projet, 584. — Première correspondance télégraphique entre la France et l'Angleterre, 588. — Imprime à travers l'Océan, 588.

**BROEKING.** Construction parfaite des télégraphes de Morse, 456.

**BUCKLAND.** Annonce de la découverte du télégraphe électrique de Wheatstone, 86.

**BULLOCK.** Préside à l'installation du fil sous-marin, 586.

**BUNSEN.** Sa pile, 74 et 325.

**CAVALLO.** Proposition de transmission des dépêches par l'électricité, 61.

**CHAPMAN.** Veut appliquer le chronoscope de M. Wheatstone à l'école d'artillerie de Woolwich, 144.

**CHAPPE** (ABRAHAM). Nouveau vocabulaire télégraphique, 33.

**CHAPPE** (les frères). Découverte du télégraphe, 9. — Description et nature des signaux de leur télégraphe, 12 à 25. — Langue télégraphique, 28. — Nombre d'heures pendant lequel le télégraphe peut manœuvrer, 43. — Essai de télégraphie de nuit, 48.

**CHRISTIE.** Dépose dans le cabinet de physique de l'Académie militaire un modèle du second chronoscope de M. Wheatstone, 147.

**COLLADON.** Vitesse de propagation du son dans l'eau, 5.

**COOKE.** Collaborateur de M. Wheatstone dans la réalisation du télégraphe électrique, 88. — Leurs rapports, leurs droits respectifs, 98. — Partagent entre eux la gloire de la réalisation de la télégraphie électrique, 157. — Leurs expériences sur la conductibilité de la terre, 244. — Sa pile à sable, 322. — Description du télégraphe à une seule aiguille pour les chemins de fer, 372. — Appareil à une aiguille pour les correspondances télégraphiques, 373. — Télégraphe à deux aiguilles, 374. — Son télégraphe à aiguilles proclamé le plus simple et le plus fidèle de tous, 541. — Son opuscule sur les voies de fer télégraphiques, ou les voies de fer à voie unique avec le secours et le contrôle du télégraphe électrique, 538. — Plan d'un chemin de fer à simple voie avec télégraphe électrique, 560. — Exploitation et circulation, 561.

**COURCY** (de). Tracasseries et entraves inutiles apportées au développement des correspondances de télégraphie électrique par la nouvelle loi française, 606.

**COXE.** Projet de communication à distance par les courants électriques, 65.

**CRAMPTON.** Associé de M. Brett pour l'établissement du télégraphe sous-marin, 586.

**CUBITT.** Ingénieur de la compagnie du télégraphe sous-marin, 589.

**DANIELL.** Découverte de la pile à effets constants, 73 et 324. — Prend parti pour M. Wheatstone, 116.

**DAVAL.** Idée de télégraphie électrique, 85.

**DAVY.** Son essai de télégraphie électrique, 90. — Son échappement électro-magnétique, 338.

**DELUC.** Idée hardie sur la propagation de l'électricité, 245.

**DENIS** (EDMOND). Contact mobile, 336.

**DOWAL.** Confident de M. Bain, 114.

**DRESCHER.** Description de son télégraphe à cadran, 428.

**DUBOSCQ** (JULES). Fixation de la lumière électrique, 49. — Appareil fixateur de cette lumière, 326 à 328.

**DUFAURE.** Membre de la commission extraordinaire des télégraphes, 412.

**DUFAY.** Vitesse de propagation de l'électricité, 64.

**DUJARDIN** (de Lille). Expression en points, en sons, ou en chiffres, des signaux du télégraphe de Chappe, 37 à 42. — Machines magnéto-électriques, 334. — Description de son télégraphe imprimant et tintant, 457 à 460. — Attribue à tort à M. Jacobi l'invention du télégraphe électro-acoustique, 461. — Son télégraphe considéré comme régulateur du chemin de fer, 462. — Succès des expériences faites avec son télégraphe devant la commission des représentants, 460.

**DUMOND** (ARISTIDE). Le télégraphe électrique dans l'intérieur de Paris et de la banlieue, 578. — Expériences sur les fils aériens à grande portée, 580.

**EDWARDS.** Associé de M. Brett pour l'établissement du télégraphe sous-marin, 584 et 585.

**EISENLORH.** Établit la ligne de Carlsruhe à Durlach, et de Heidelberg à Manheim, 525. — Son indicateur à feuille d'or et sa pile, 526.

**EKLING.** Construction et modification du télégraphe à aiguilles de Bain, 529.

**ENDERBY.** Aide M. Wheatstone dans l'application du thermomètre-télégraphe, 129.

**ERMAN.** Expériences sur la propagation de l'électricité à travers le sol, 243.

**ESPY.** Application du télégraphe électrique à l'étude des ouragans, 127.

**FARADAY.** Découverte des courants d'induction, 71. — Expose la méthode de M. Wheatstone pour mesurer la vitesse de l'électricité, 169.

**FARDELY.** Parafoudre des chemins de fer, 347. — Étude de la transmission du temps par l'électricité, 496. — Établit la ligne télégraphique de Francfort à Castel et Wiesbaden, son télégraphe, sa pile, 526. — Établit la ligne de télégraphie électrique de Mayence à Francfort, 526.

**FAYE.** Moyen de soustraire les pendules astronomiques à l'influence des variations de la température et de la pression atmosphérique, 121. — Réponse aux objections de M. Laugier, 123.

**FECHNER.** Entrevoit le télégraphe à aiguille, 67. — Ses droits à la découverte des lois des courants dérivés lui sont disputés par M. Pouillet, 210.

**FIZEAU.** Vitesse de propagation de la lumière, 181. — Détermination de la vitesse de l'électricité, 188 à 193. — Courant électrique dans des fils isolés, 279.

**FLOCON.** Modification du télégraphe Chappe, 25.

**FOUCAULT.** Aide M. Faye à la construction d'un appareil destiné à mettre les pendules astronomiques à l'abri des perturbations atmosphériques, 125. — Expérience du pendule mettant en évidence le mouvement de la terre, 497.

**FOY.** Mauvaise méthode d'expression des signaux du télégraphe Chappe, 37 à 42. — Essai infructueux du télégraphe de nuit, 48. — Destruction lamentable de la télégraphie aérienne de Paris à la frontière du nord, 55. — Son témoignage invoqué par M. Amyot, 85. — S'attribue l'honneur du télégraphe à deux aiguilles de l'administration française décrit de 392 à 412. — S'obstine à conserver le mode de reproduction mécanique des signaux Chappe, 412. Description du premier télégraphe construit sous son nom par M. Bréguet, 413.

**FRANCHOT.** Pendule à mouvement continu, 497.

**FROMENT.** Première apparition de son télégraphe écrivant, 104. — Interrupteur magnéto-électrique, 336. — Description de son télégraphe à cadran, 444. — Description de son télégraphe écrivant, 456. — Perfection de ses horloges électro-magnétiques, 497.

**GARNIER.** Description de son télégraphe à cadran, 423 à 425. — Soins apportés dans ses contacts, 426. — Description de ses appareils chrono-électriques, 490 à 494.

**GAUSS.** Réduction des signes télégraphiques à leur plus simple expression, 2. — Son héliotrope, projection du rayon solaire sur un point placé à distance quelconque, 10. — Transmission à toute distance de l'électricité ordinaire, 11. — Première expérience du télégraphe électrique, 80. — A fait avec Weber la première expérience réelle de télégraphie électrique, 151. — Découverte du pouvoir électromoteur de la terre, 245. — Confirme la théorie de M. l'abbé Moigno qui fait de la terre un réservoir, 264. — Description du télégraphe inventé par lui et Weber, 358.

**GEIGER.** Établit la ligne télégraphique de Stuttgard à Eslingen, 525.

**GERKE.** Établit la ligne télégraphique de Hambourg à Cuxhaven, 527.

**GLAESENER.** Machines magnéto-électriques, 335. — Description de ses appareils télégraphiques, son horloge électrique sans pile, 369. — Son nouveau transmetteur télégraphique, 371. — Son transmetteur simultané, 371.

**GONON.** Son télégraphe, 27.

**GOUNELLE.** Détermination de la vitesse de l'électricité, 183 à 193. — Courants électriques dans des fils isolés, 279. — Courants en sens contraire traversant simultanément le même fil, 301. — Établit avec Bréguet le télégraphe électrique de Paris à Rouen, 533.

**GRAY.** Expérience sur la propagation de l'électricité, 64, 159.

**GROVE.** Sa pile, 324.

**GUYOT** (Jules). Appréciation du télégraphe Chappe, 26. — Perfectionnement

du vocabulaire télégraphique des frères Chappe, 30. — Conditions de la télégraphie de nuit, 47. — Nombre et position des réverbères nécessaires à la télégraphie de nuit, 49. — Découverte de l'hydrogène liquide, 50. — Perfection de sa lanterne à hydrogène liquide, 51. — L'excellence de sa télégraphie de nuit, injustice dont il a été victime, réfutation des objections qu'on lui a opposées, 50 à 55. — Télégraphie aérienne de jour et de nuit appliquée aux chemins de fer, 55. — Comparaison de son système avec celui de Treutler, 56.

**HALSKE.** Description du télégraphe à cadran inventé par lui et Siémens, de 432 à 441. — Relais adapté par lui au télégraphe de Morse, 453.

**HENRY.** Construction d'électro-aimants puissants, 71. — Campagne météorologique, 126. — Projet d'appareil pour déterminer la vitesse des projectiles, 156.

**IOUNG** (ARTHUR). Relation de l'expérience de télégraphie électrique de Lomond, 60.

**JACKSON.** Dispute à M. Morse l'invention de son télégraphe électrique, 75.

**JACOBI.** Réclamation contre M. Pouillet, 151. — Son télégraphe acoustique; annonce des expériences qu'on va faire avec le chronoscope de M. de Konstantinoff, 152. — Essai de conducteurs souterrains, 294. — Electricité des fils souterrains, 299. — M. Dujardin lui attribue à tort l'invention du télégraphe acoustique, 461.

**KNAPP.** Établit la ligne télégraphique de Stuttgard à Eslingen, 525.

**KONSTANTINOFF** (de). Commande à M. Bréguet un chronoscope électromagnétique, 138. — Ses relations avec M. Wheatstone, 145. — Reçoit de lui le secret du chronoscope et un premier appareil, 145. — Sa déclaration écrite déposée entre les mains de M. Wheatstone, 148.

**KRAMER.** Son pendule ou relais magnétique, 339. — Description de son télégraphe à cadran, 441.

**LABORDE** (l'abbé). Projet d'expérience pour mesurer la vitesse de la lumière. 183.

**LAMOND.** Application du télégraphe ordinaire aux observations météorologiques, 128.

**LAUGIER.** Perfectionnement apporté au mode de suspension des pendules, 122. — Opposition au projet de M. Faye, 123.

**LEMOINT.** Perfectionnement apporté à la pile de Bunsen, 326.

**LEMONNIER.** Vitesse de l'électricité, 64.

**LÉONARD.** Construit le chronoscope de M. Siémens, 155.

**LESAGE.** Proposition de télégraphie électrique; lettre à M. Prévost, de Genève, 59. — Lettre au grand Frédéric, 60.

**LEVERRIER.** Appréciation du télégraphe électro-chimique de Bain, 108. — Rend justice au télégraphe de M. Dujardin, 463.

**LLOYD.** Appréciation des travaux météorologiques de M. Lamond, 128.

**LOMOND.** Expérience de télégraphie électrique, 60.

**LOOMIS.** Lettre à M. Sabine sur l'application du télégraphe à la mesure des longitudes, 124.

**MAGNIER.** Récit des causes qui ont amené la réalisation en France de la télégraphie électrique, 535.

**MAGRINI.** Expériences sur la conductibilité de la terre, 249 à 254.

**MARTIN** (John). Son témoignage en faveur de Wheatstone, 115.

**MASSON.** Ses expériences avec la machine magnéto-électrique de Billant, 72. — Expériences de télégraphie électrique, 85. — La terre considérée comme réservoir, 279.

**MATTEUCCI.** Première série d'expériences sur la conductibilité de la terre son manuel de télégraphie électrique, 247 à 248. — Seconde série d'expériences, 255. — Doutes sur l'expérience principale de M. Magrini, 255 à 258. — Idée sur la communication à établir entre la France et l'Angleterre, 259. — Nie la théorie qui fait de la terre un réservoir, 265. — Troisième série d'expériences, 255. — Réfutation facile; contradiction relevée par M. Poggendorff, 267. — Quatrième série d'expériences, 268. — Réfutation de sa nouvelle note, 272. — Défaut de franchise, 273. — Réponse à ses objections, 274. — Comment il peut conserver des doutes, 275. — Dernières recherches, 280. — Singulier énoncé, contradictoire dans les termes; théorie inadmissible, 281. — Approximation de la résistance totale d'un circuit télégraphique, 282. — Conditions de bon fonctionnement d'un télégraphe, 282. — Résistance du fil, résistance intérieure de la pile, résistance du fil de l'électro-aimant, détermination de l'intensité du courant, de 283 à 286. — Influence de l'humidité, 287. — Expériences sur l'isolement des fils, de 288 à 289. — Courants accidentels dans les fils conducteurs, 291. — Établit les lignes télégraphiques de la Toscane, 536.

**MEISNER.** Parafoudre des chemins de fer, 347.

**MEYENDORFF** (de). Son témoignage invoqué par M. Amyot, 85.

**MILLER.** Son témoignage en faveur de M. Wheatstone, 114.

**MITCHEL.** Expériences sur la vitesse de l'électricité, leur analyse critique par M. Fizeau, de 201 à 205.

**MOIGNO** (l'abbé). Moyen d'obtenir des électro-aimants puissants avec une petite machine magnéto-électrique, 72. — Découverte d'un fait singulier relatif aux effets des machines magnéto-électriques, 73. — A reçu en 1845, de M. Wheatstone, la confidence de l'invention du télégraphe autographe, 114. — Idée d'un appareil propre à rendre plus facile la comparaison de deux pendules, 120. — Prévisions relatives à la conductibilité de la terre, tirées de la théorie d'Ampère, 260. — Explication et théorie de la conductibilité de la terre, 261. — Rôle admirable de la terre dans la transmission des courants électriques, 262. — Cette théorie est confirmée par M. Gauss, 264. — Essai d'expériences faites avec M. Van-Rees, sur la conductibilité de la terre, 265. — Théorie de la pile; expériences avec le duplicateur de l'électricité; démonstration de la théorie du contact; rôle véritable de l'action chimique; remarque sur l'électricité atmosphérique, de 317 à 325.

**MONTGOMMERY.** Introduction en Europe de la gutta-percha, 294.

**MORSE.** Affirme avoir découvert son télégraphe électrique en 1832; invoque à l'appui le témoignage de M. Rives, et celui de M. Pell; est contredit par

M. Jackson, 75 et 76. — La date officielle de l'invention de son télégraphe doit être fixée en septembre 1837, 76 à 78. — Idée de son télégraphe, 78. — A une grande part dans la gloire de la réalisation du télégraphe électrique, 157. — Son télégraphe employé par M. Walker à mesurer la vitesse de l'électricité, 195. — Prétention à la découverte du relais électrique, 337. — Description de son télégraphe imprimant, 446 à 449. — Mode de transmission des dépêches, 449. — Alphabet adopté par lui, 451. — Imperfections de cet alphabet, 452. — Relais du télégraphe Morse construit par Halske, 453. — Excellence de son télégraphe, 456. — Prix de son télégraphe en Allemagne, 527. — Rapidité extraordinaire de ses transmissions, 529. — Jugement porté par lui sur le mérite relatif des divers télégraphes, 537. — Son télégraphe proclamé parfait, 541. — Perfectionnement proposé pour son télégraphe par M. Steinheil, 543.

**NAPOLÉON** (Louis), président de la République. Fait accorder à M. Brett le privilége exclusif des communications sous-marines, et assure l'existence de cette immense entreprise, 582. — Dépositaire de la première dépêche imprimée à travers l'Océan, 588.

**NEEF.** Son inducteur et son interrupteur électro-magnétiques, 335.

**ŒRSTED.** Découverte de l'action des courants sur l'aiguille aimantée, 66.

**OHM.** Application de ses lois relatives au rapport de la puissance à résistance dans les courants, 73. — Ses droits à la découverte des lois qui portent son nom lui sont disputés par M. Pouillet, 208. — La gloire de la découverte théorique et de la démonstration expérimentale de ses lois lui appartient tout entière, 213. — Ses lois démontrées par M. Wheatstone, 218.

**ORSAY** (le comte d'). Noble protecteur de M. Brett ; obtient pour lui le privilége exclusif des communications sous-marines, 582.

**OTTO DE GUERICKE.** Expérience sur la propagation de l'électricité, 159.

**PALMIÉRI.** Description de son télégraphe électro-magnétique, 368.

**PELCHRZIM.** Description de son télégraphe à cadran, 426.

**PELL.** Témoigne en faveur de M. Morse, 76.

**PIERUCCI.** Constructeur d'appareils télégraphiques à Florence, 536.

**PIXII.** Première machine électro-magnétique, 72 et 531.

**POGGENDORFF.** Invoqué par M. Pouillet contre Ohm et Fechner, 210 et 211. — Réclame en faveur de Ohm et Fechner, 212. — Affirme que Ohm a vérifié expérimentalement ses lois, 213.

**POUILLET.** Construction d'un électro-aimant, 71. — Description incomplète des propriétés des appareils magnéto-électriques, 72. — Application des lois analysées par lui des rapports de la puissance et de la résistance, 73. — Son expérience sur la résistance du corps humain, 91. — Idée et application du chronoscope, 132. — Limite du temps nécessaire à un courant pour traverser un circuit donné ; limite d'amplitude des déviations produites par un courant, 135. — Vitesse d'inflammation de la poudre, 137. — Silence relativement à M. Wheatstone, 138. — Reçoit communication des dessins du chronoscope de M. Wheatstone, 144. — Singulières doctrines sur la propagation de l'électricité, 169. — Vitesse chimérique attribuée à l'électricité ; son dédain pour

la méthode de Wheatstone ; son opposition à M. Fizeau, 181. — Histoire de la découverte des lois relatives à la propagation du fluide électrique, 207 à 212. — Appréciation des droits de M. Ohm, 208. — Appréciation des droits de Fechner, 210. — Idées extraordinaires sur la propagation de l'électricité dans le sol ; voyage merveilleux de la molécule électrique de Paris à Berlin, 275. — Contradiction évidente, 277. — Erreur historique relative à la découverte de la conductibilité de la terre, 280. — Explication de ses expériences sur le dégagemenf de l'électricité dans les combinaisons, 311. — Rapport favorable sur la télégraphie de nuit, 534.

**QUÉTELET.** Rappelle un mot de M. Wheatstone sur les prétendants à la découverte de la télégraphie électrique, 75. — Annonce de la découverte du télégraphe électrique de M. Wheatstone, 87. — Nouvelle communication relative au télégraphe à cadran de Wheatstone, 96. — Reçoit la confidence de l'invention du chronoscope de M. Wheatstone, 144. — Note relative à la découverte du chronoscope de M. Wheatstone, 153.

**RAILLARD** (l'abbé). Expérience avec une machine magnéto-électro-magnétique, 72.

**REGNAULT.** Reçoit communication du dessin du chronoscope de M. Wheatstone, 144. — Invoqué en témoignage par M. Bréguet relativement à l'invention du chronoscope, 150. — Signe le rapport de M. Pouillet sur le télégraphe électrique de Siémens, 275. — Offrit à M. Wheatstone de répéter au Collége de France ses expériences de télégraphie électrique, 531.

**REISER.** Projet de transmission des dépêches par l'électricité, 61.

**RICHTIE.** Construction d'un modèle de télégraphe à aiguille, 68.

**RIVE** (de la). Dispute à M. Ohm la découverte théorique de ses lois, 213.

**RIVES.** Témoigne en faveur de M. Morse, 75.

**ROBERT.** Construction d'électro-aimants puissants, 71.

**ROBERT** (WILLIS). Prend parti pour M. Wheatstone, 116.

**ROBERTSON.** Lettre que lui écrit le docteur Buckland pour lui annoncer la découverte de la télégraphie électrique par Wheatstone, 86.

**ROBINSON.** Rapport sur le thermomètre-télégraphe, 130.

**ROBINSON** (de New-Yorck). Établit la ligne télégraphique de Hambourg à Cuxhaven, 527.

**RONALDS.** Télégraphe par l'électricité ordinaire ou statique, 62. — Sa description, 352.

**RUHMKORF.** Son galvanomètre, 186.

**SABINE.** Lettre que lui écrit M. Loomis sur l'application des télégraphes à la mesure des longitudes, 124. — Aide M. Wheatstone dans l'application du thermomètre-télégraphe, 129.

**SAINT-AIGNAN.** Construction d'un électro-aimant, 71.

**SAINT-HAOUEN.** Essais infructueux de télégraphie de nuit, 48.

**SALVA.** Expérience de télégraphie électrique, 61.

**SAVARY.** Confident des essais de télégraphie de M. Amyot, 85.

**SCHELLEN.** Son ouvrage *der Electro-magnetische telegraph*. Son jugement par trop partial en faveur des Allemands, 418.

**SCHILLING** (baron de). Son télégraphe électrique, 79.

**SCHOLLE**. Système d'horloges électriques, application à la ville de Leipzig, 496.

**SCHWEIGGER**. Complément du télégraphe de Soemmering, 64. — Son multiplicateur, 66.

**SÉGUIER**. Signe le rapport de M. Pouillet sur le télégraphe électrique de Siémens, 275. — Président de la commission extraordinaire des télégraphes, 412. — Son jugement sur le télégraphe à clavier de M. Froment, 445. — Vérité sur l'opposition aux télégraphes de nuit, 535.

**SIÉMENS**. Note sur le chronoscope. Réclamation en faveur des officiers d'artillerie prussiens. Appareil qu'il propose, 153. — Première application sur grande échelle des conducteurs souterrains revêtus de gutta-percha. Préparation, essai, pose, réparation, prix, phénomènes électriques, etc., des fils souterrains. Action de l'aurore boréale, 295 à 300. — Description du télégraphe à cadran inventé par lui et Halske, 432 à 441. — Mécanisme imprimant de ses télégraphes, 464. — Heureux emploi pour les contacts de l'alliage de platine et d'or, 468.

**SMÉE**. Sa pile, 530.

**SNOW-HARRIS**. Prend parti pour M. Wheatstone, 116.

**SOEMMERING**. Découverte de son télégraphe électro-chimique, 63 à 65. — Sa description, 354 à 358.

**STEINHEIL**. Sa découverte est antérieure officiellement à celle de Morse, 76 et 77. — Expériences de télégraphie électrique antérieures à celles de Wheatstone, 80. — Idée de son télégraphe, 81. — Découvre la conductibilité de la terre, 83, 147 et 243. — Parafoudre, 347. — Description de ses appareils télégraphiques, 360 à 364. — Son admiration pour le télégraphe de Morse, 456. — Véritable inventeur du télégraphe écrivant et tintant modifié par M. Dujardin, 461. — Théorie et avantages des horloges électriques, 484. — Description et comparaison des télégraphes d'Allemagne, 524 à 529. — Jugement porté sur le mérite relatif des divers télégraphes, conducteurs et appareils; sa prédilection pour le télégraphe de Stœhrer, 538. — Préférence qu'il donne au télégraphe de Morse, 540. — Description du télégraphe électro-magnétique de Stœhrer, 541. — Perfectionnements nouveaux proposés pour le télégraphe de Morse, 543. — Description de son contrôleur des chemins de fer, 567 à 570. — Sa pile formée de plaques de cuivre et de zinc plongées en terre, 567.

**STOEHRER**. Machine magnéto-électrique, 332. — Perfectionnement proposé pour le télégraphe de Morse, 455. — Système d'horloges électriques inventé par lui et Scholle, application à la ville de Leipzig, 496. — Description de son télégraphe électro-magnétique, 541.

**STRADA**. Correspondance magnétique entre deux amis, 58.

**STURM**. Vitesse de propagation du son dans l'eau, 5.

**SWAIM**. Imagine le premier les alphabets à lignes et à points, 483.

**THOMPSON**. Description de l'essai télégraphique de Coxe, 65.

**TREUTLER**. Télégraphie aérienne de jour et de nuit appliquée aux chemins de fer, comparaison avec le système de M. Jules Guyot, 57.

**VAN REES.** Essai d'expérience fait avec M. l'abbé Moigno sur la conductibilité de la terre, 265.

**VOIGT.** Description de l'expérience de télégraphie électrique de Reiser, 61. — Allusion à l'expérience de don Antonio, 61.

**VOLTA.** Découverte de l'électricité voltaïque et de la pile, 62.

**VORSSELMAN** de Heer. Découverte de son télégraphe électro-physiologique, 90. — Description, 364.

**WALKER** (Amérique). Expériences sur la vitesse de l'électricité; leur analyse critique, par M. Fizeau, 194 à 201.

**WALKER** (surintendant des lignes télégraphiques du sud de l'Angleterre). Courants accidentels produits par les aurores boréales, 291. — Comparaison des fils aériens et souterrains, 301. — Excellence de la pile à sable, 323. — Description de son parafoudre, 346. — Description du télégraphe à une et deux aiguilles modifié par lui, 373 à 390. — Chevilles mobiles, 376. — Bobines mobiles, 377. — Appareil silencieux, 377. — Touche sonnante, 380. — Plate-formes, 382. — Disposition du bureau des télégraphes, 384 à 388. Transmission des signaux, 389. — Liste des lignes anglaises de télégraphie électrique, 512. — Liste des stations, 517. — Dépenses d'installation des lignes télégraphiques en Angleterre, 536. — Services incomparables rendus par le télégraphe électrique, 544 — Confiance qu'il inspire, 545. — Enumération des diverses dépêches transmises, 545. — Correspondance électrique des journaux de Londres, 550. — Révolution française, 559. — Rapidité de transmission, 558. — Les télégraphes électriques et les chemins de fer, 553 à 558. — Expérience de télégraphie sous-marine à Folkstone, 582.

**WARD.** Son témoignage en faveur de M. Wheatstone, 116.

**WATSON.** Vitesse de propagation de l'électricité, 64. — Expériences sur la propagation de l'électricité, 160.

**WEARE.** Ses horloges électriques, 494. — Son pendule électrique, 494. — Son horloge électrique sans pendule, 495. — Son balancier électrique avec piles sèches, 495.

**WEBER.** Premières expériences de télégraphie électrique, 80. — Fait avec Gauss la première expérience réelle de télégraphie électrique, 157. — Description de leur télégraphe, 359.

**WHEATSTONE.** Vitesse de l'électricité, 11. — Création à distance d'une force quelconque par les courants électriques, 65. — Sa pile, 74. — Prétendant à la découverte de la télégraphie électrique, 75. — Sa découverte est antérieure officiellement à celle de Morse, 76 et 77. — Invention du télégraphe à aiguilles, et première réalisation pratique de la télégraphie électrique, 85. — Appréciation de la découverte du télégraphe électrique, 89. — Découverte du télégraphe à cadran et mise en action à distance par l'intermédiaire du courant électrique de toutes les forces de la nature, 95. — Appréciation de son invention du télégraphe à cadran et de la mise en jeu à toute distance d'une force quelconque, 97. — Ses rapports avec Cooke, leurs droits respectifs, 98. — Sa priorité pour l'impression des dépêches télégraphiques, 103. — A la priorité de l'idée du télégraphe électrique auto-

graphe, 111. — Première annonce de l'application de la télégraphie à la transmission du temps, 111. — Réponse aux réclamations de M. Bain, 117. — Système de sonnettes mises en mouvement par le courant électrique, 120. — Découverte du thermomètre-télégraphe, 128. — Première idée du chronoscope, 132. — Réclame, contre MM. Bréguet et de Konstantinoff, la priorité de la découverte et de la construction du chronoscope, 142. — Invoque le témoignage de MM. Regnault, Pouillet et Chapman, 144. — Description d'un second chronoscope, 147. — Appréciation du chronoscope de M. Bréguet, 148. — Nouvelle description de son chronoscope, 149. — Dernière réponse à M. Bréguet relativement à l'invention du chronoscope, 151. — Ses droits sacrés à la priorité, 153. — A créé de toutes pièces la télégraphie électrique, 157. — Durée de l'étincelle électrique et vitesse de l'électricité, 160 et de 169 à 180. — Détermination des constantes des circuits voltaïques, de 215 à 242. — Lois de Ohm, 215. — Rhéostat, 221. — Bobines de résistance, 224. — Évaluation de la résistance, 226. — Mesure des forces électro-motrices, 228. — Mesure de la résistance des liquides, 233. — Usage du galvanomètre, 234. — Appareil différentiel, 236. — Déviations correspondantes aux divers degrés de force, 240. — Application pratique de ses recherches, 242. — Ses expériences avec M. Cooke sur la conductibilité de la terre, 244. — Projet de communication télégraphique entre l'Angleterre et la France, 259. — Composition de sa pile, 323. — Sa machine magnéto-électrique multiple, 332. — Invention des relais électriques, 337. — Son télégraphe à cinq aiguilles, 364. — Description du télégraphe à une seule aiguille pour les chemins de fer, 372. — Appareil à une seule aiguille pour les correspondances télégraphiques, 373. — Télégraphe à deux aiguilles, 374. — Description de son télégraphe à cadran, 418. — Description de son enregistreur électro-magnétique des observations météorologiques, de 501 à 506. — Établissement des premières lignes télégraphiques en Angleterre, 508. — Essai de télégraphe électrique à Berlin, 523. — Établit des télégraphes électriques sur les chemins de fer de Versailles et d'Orléans, 531. — Se met à la disposition de l'Académie des sciences, 532. — S'offense des doutes de M. Arago, 532. — Repoussé par M. Foy, 535. — Premier projet de télégraphe sous-marin entre la France et l'Angleterre, 582.

**WHOELER.** Expérience sur la propagation de l'électricité, 159.

**WILKES.** Plan gigantesque d'un télégraphe électrique entre l'Amérique et l'Europe, 589.

**WINNERL.** Perfectionnement apporté au mode de suspension des pendules, 122.

**WOLLASTON.** Sa pile, 74.

**WOLLASTON** (l'ingénieur). Associé de M. Brett pour l'établissement du télégraphe sous-marin, 584 et 585.

**WRIGHT.** Expériences sur la conductibilité du sol, 244.

**YOUNG.** Instrument propre à mesurer de petits intervalles de temps, 149 et 154.

FIN DES TABLES.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE IMPRIMÉS R.F.

BIBLIOTHEQUE NATIONALE DE FRANCE
3 7531 00236935 4

BnF Gallica

# Traité de télégraphie électrique : comprenant son histoire, sa théorie, ses appareils, sa pratique, son avenir, sa [...]

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

{BnF Gallica

Moigno, François (1804-1884). Auteur du texte. Traité de télégraphie électrique : comprenant son histoire, sa théorie, ses appareils, sa pratique, son avenir, sa législation ; précédé d'un Exposé de télégraphie en général et de la télégraphie ancienne de jour et de nuit. Atlas / par M. l'abbé Moigno,.... 1852.

**1/** Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :
- La réutilisation non commerciale de ces contenus ou dans le cadre d'une publication académique ou scientifique est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source des contenus telle que précisée ci-après : « Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France » ou « Source gallica.bnf.fr / BnF ».
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service ou toute autre réutilisation des contenus générant directement des revenus : publication vendue (à l'exception des ouvrages académiques ou scientifiques), une exposition, une production audiovisuelle, un service ou un produit payant, un support à vocation promotionnelle etc.

CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE

**2/** Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

**3/** Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :
- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

**4/** Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

**5/** Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

**6/** L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

**7/** Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter **utilisation.commerciale@bnf.fr**.

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

16190

# TRAITÉ

DE

# TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE

PAR

M. L'ABBÉ MOIGNO.

---

Seconde édition, entièrement refondue et complétée.

---

## ATLAS

de vingt-deux Planches gravées en taille-douce.

---

PARIS

A. FRANCK, LIBRAIRE-ÉDITEUR,

67, RUE RICHELIEU.

—

1852

V

# LÉGENDES DES PLANCHES

DE

# TRAITÉ DE TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F. IMPRIMÉS

PLANCHE I^re^. — Télégraphes anciens de jour et de nuit. — *Figures :* 1. Vue aérienne du télégraphe de Chappe. — 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9. Signaux élémentaires. — 10, 11 et 12. Ensemble des signaux formés à l'oblique et écrits à l'horizontale ou à la verticale. — 13. Mécanisme complet du télégraphe Chappe. — 14. Télégraphe prussien. — 15. Télégraphe anglais. — 16. 1^e^, 2^e^, 3^e^ ; Nouveau système de combinaisons de signaux proposées par Abraham Chappe. — 17. Télégraphe de nuit de M. Jules Guyot. — 18. Télégraphe de nuit pour les chemins de fer, du même. — 19 et 20. Télégraphe de nuit de M. Treutler.

PLANCHE II. — Vitesse et propagation de l'électricité. — *Figures :* 1 à 9. Appareils imaginés par M. Wheatstone pour mesurer la vitesse de l'électricité. — 10. Procédé de M. Fizeau pour mesurer la vitesse de la lumière. — 11. Procédé de M. Fizeau pour mesurer la vitesse de l'électricité. — 12 et 13. Formes principales du rhéostat de M. Wheatstone. — 14 à 17. Appareils et procédés pour mesurer la résistance des corps à la propagation de l'électricité. — 18. Théorie de la conductibilité de la terre.

PLANCHE III. — Théorie et appareils accessoires de la télégraphie. — *Figures :* 1 à 11 *bis.* Mode de transmission de l'électricité et théorie électro-chimique d'Ampère. — 11 *ter.* Duplicateur de l'électricité. — 12. Pile à sable. — 13. Pile de M. Wheatstone. — 14 et 15. Pile de Daniel. — 16 et 17. Pile de Grove. — 18. Pile de Bunsen. — 19. Pile de Bunsen perfectionnée. — 20 et 21. Lampe électrique de M. Jules Duboscq. — 22 et 23. Électro-aimants. — 24 et 25. Courants d'induction. — 26 et 27. Machines électro-magnétiques.

PLANCHE IV. — Appareils accessoires de la télégraphie. — *Figures :* 1. Machine magnéto-électrique de Billant. — 2. Machine magnéto-électrique de Wheatstone à courant continu. — 3. Machine magnéto-électrique à bascule. — 4. *Idem,* à charnière de M. Glaesener. — 5. Interrupteur du courant. — 6. Contact mobile de M. Edmond Denis. — 7. Relais de M. Wheatstone. — 8. Échappement électro-magnétique de Davy. — 9 et 10. Relais ou pendules de M. Kramer. — 11. Galvanomètre de Billant. — 12 à 16. Boussoles des sinus.

PLANCHE V. — Appareils accessoires de la télégraphie. — *Figures :* 1. Boussole des tangentes. — 2 à 15. Poteaux souteneurs et appareils extenseurs des fils conducteurs. — 15 à 20. Parafoudres. — 21. Appareil pour revêtir les fils conducteurs de gutta-percha. — 22 et 23. Procédé pour l'essai des fils enduits. — 24 et 25. Éléments du télégraphe électrique de Ronalds. — 26. Signaux de Reisser. — 27. Télégraphe de Soemmering.

PLANCHE VI. — *Figures :* 1 et 2. Essais télégraphiques de Gauss et Weber. — 3. Télégraphe d'Alexander. — 4, 5, 6, 7 et 8. Télégraphe électrique de Steinheil. — 9. Premier télégraphe à aiguilles de M. Wheatstone. — 10 et 11. Télégraphe de Vorselman de Heer. — 12 et 13. Premier télégraphe imprimant de M. Bain. — 14. Télégraphe électro-magnétique de M. Palmieri. — 15 et 16. Appareils de télégraphie électrique de M. Glaesener.

PLANCHE VII. — Télégraphes a aiguilles de l'administration anglaise. — *Figures :* 1 à 3. Télégraphe à une aiguille. — 4 à 6. Télégraphe à deux aiguilles. — 7. Alarme ou sonnerie. — 8 et 9. Touches sonnantes. — 10. Ensemble des lignes télégraphiques établies par la compagnie anglaise. — 11. Bureau du télégraphe de la station de Tonbridge. — 12. Distribution des fils et des appareils.

1852

2463

PLANCHE VIII. — Télégraphes électriques de l'administration française. — *Figures :* 1. Appareil récepteur. — 2. Appareil indicateur. — 3. Signaux. — 3 *bis*. Alphabet. — 4 et 5. Manipulateur. — 6 et 7. Transmission et réception. — 8. Interrupteur de pile. — 9. Poste télégraphique. — 10. Communications directes. — 11. Relais.

PLANCHE IX. — Télégraphes a aiguilles et a cadran. — *Figures :* 1 et 2. Télégraphe à aiguilles de M. Bain. — 3, 4 et 5. Télégraphes à cadran de M. Wheatstone avec ou sans mouvement d'horlogerie. — 6. Clef du télégraphe ou organe de jonction. — 7 et 8. Télégraphe de Pelchrzim, transmetteur et récepteur. — 9 à 13. Télégraphe de Drescher, récepteur et communicateur, appareil condensé.

PLANCHE X. — Télégraphes a cadran, système de Siemens et Halske. — *Figures :* 1. Mécanisme du télégraphe. — 2. Clavier. — 3. Indicateur. — 4. Mode de communication. — 5. Relais. — 6 et 7. Télégraphe de Kramer, transmetteur et indicateur.

PLANCHE XI. — Télégraphe de Bréguet a signaux de Chappe, modèle primitif. — *Figures :* 1. Mécanisme du télégraphe. — 2 et 3. Compteur électro-magnétique.

PLANCHE XII. — Appareils électro-télégraphiques de M. Bréguet, télégraphe a cadran. *Figures :* 1 et 4. Transmetteur. — 2 et 3. Récepteur.

PLANCHE XIII. — Télégraphe et chronoscope électrique de M. Paul Garnier. — *Figures :* 1. Transmetteur. — 2. Récepteur. — 3. Appareil chrono-électrique. — 4. Chronoscope de M. Pouillet.

PLANCHE XIV. — Télégraphes a cadran et imprimant de M. Froment. — *Figures :* 1 à 7. Télégraphe à cadran avec clavier. — 8, 9 et 10. Télégraphe écrivant. — 11. Contact mobile faisant tourner une roue dentée. — 12. Interrupteur du courant, c'est le petit appareil à lame vibrante décrit page 335.

PLANCHE XV. — Télégraphe écrivant de Morse. — *Figures :* 1, 2. Mécanisme écrivant ou récepteur. — 3 et 4. Clef, ou correspondant. — 5. Table des lettres. — 6. Relais. — 7. Clef de M. Halske. — 8. Disposition des appareils aux stations. — 9. Double pointe écrivante, de M. Stöhrer.

PLANCHE XVI. — Télégraphe écrivant de M. Dujardin. — *Figures :* 1, 2 et 3. Machines magnéto-électriques. — 4 et 5. Sonnerie ou appareil tintant les dépêches. — 6 et 7. Appareil écrivant les dépêches. — 8. Tambour modifié pour le service des chemins de fer.

PLANCHE XVII. — Télégraphe imprimant de M. Brett. — *Figures :* 1 et 2. Compositeur. — 3 à 8. Imprimeur et détails. — 9 et 10, 11 et 12. Nouveaux compositeurs ou transmetteurs. — 13. Imprimeur, nouveau modèle. — 14. Échappement électro-magnétique.

PLANCHE XVIII. — Télégraphe électro-chimique de M. Bain. — *Figures :* 1, 2 et 3. Ensemble et vues principales du télégraphe. — 4 et 5. Marche du papier, mode d'impression, rouages, régulateur. — 6. Télégraphe élémentaire plus simple, modèle réduit. — 7, 8, 9. Régulateurs du courant. — 11. Compositeur ou mécanisme écrivant la dépêche par des trous percés dans des bandes de papier. — Le graveur a omis la *figure* 12, qui n'était qu'une seconde vue du compositeur.

PLANCHE XIX. — Horloges électriques. — *Figures :* 1. Pendule électro-magnétique de M. Bain. — 2, 3 et 4. Mécanisme de transmission du mouvement d'une horloge à un nombre quelconque de cadrans avec aiguilles. — 5. Mécanisme propre à faire marcher d'accord un nombre quelconque d'horloges ordinaires. — 6. Mode de transmission directe sans électro-aimant. — 7. Pendule électrique de M. Weare. — 8. Horloge électrique sans pendule. — 9. Balancier électrique avec piles sèches.

PLANCHE XX. — Appareils électro-chronométriques de M. Paul Garnier. — *Figures :* 1 et 2. Horloge type. — 3 et 4. Premier appareil chronométrique. — 5, 6 et 7. Deuxième appareil chronométrique.

PLANCHE XXI. — Appareil de M. Bréguet pour mesurer la vitesse des projectiles. — *Figures :* 1, 2 et 3. Vues diverses. — 4. Plan d'un petit appareil accessoire pour établir un circuit à des instants déterminés.

PLANCHE XXII. — Enregistreur électro-magnétique de M. Wheatstone. — *Figures :* 1. Ensemble de l'enregistreur ou récepteur. — 2. Transmetteur emporté par le ballon captif. — 3. Roues à types. — 4. Chronoscope de M. Wheatstone perfectionné par M. Hipp. Il se compose essentiellement d'une horloge, mue par un poids avec deux cadrans à chiffres et deux aiguilles ou indicateurs. La première aiguille donne les dixièmes de seconde, la deuxième les centièmes de dixième ou les millièmes de seconde. La roue d'échappement est munie d'un ressort ou cliquet qui fait mille oscillations par seconde, et laisse passer une dent de la roue à chaque oscillation. Un électro-aimant en communication avec l'horloge détermine le mouvement des aiguilles. Aussi longtemps que le courant circule dans le fil de l'électro-aimant, les aiguilles sont arrêtées et ne se meuvent pas, tandis que l'horloge

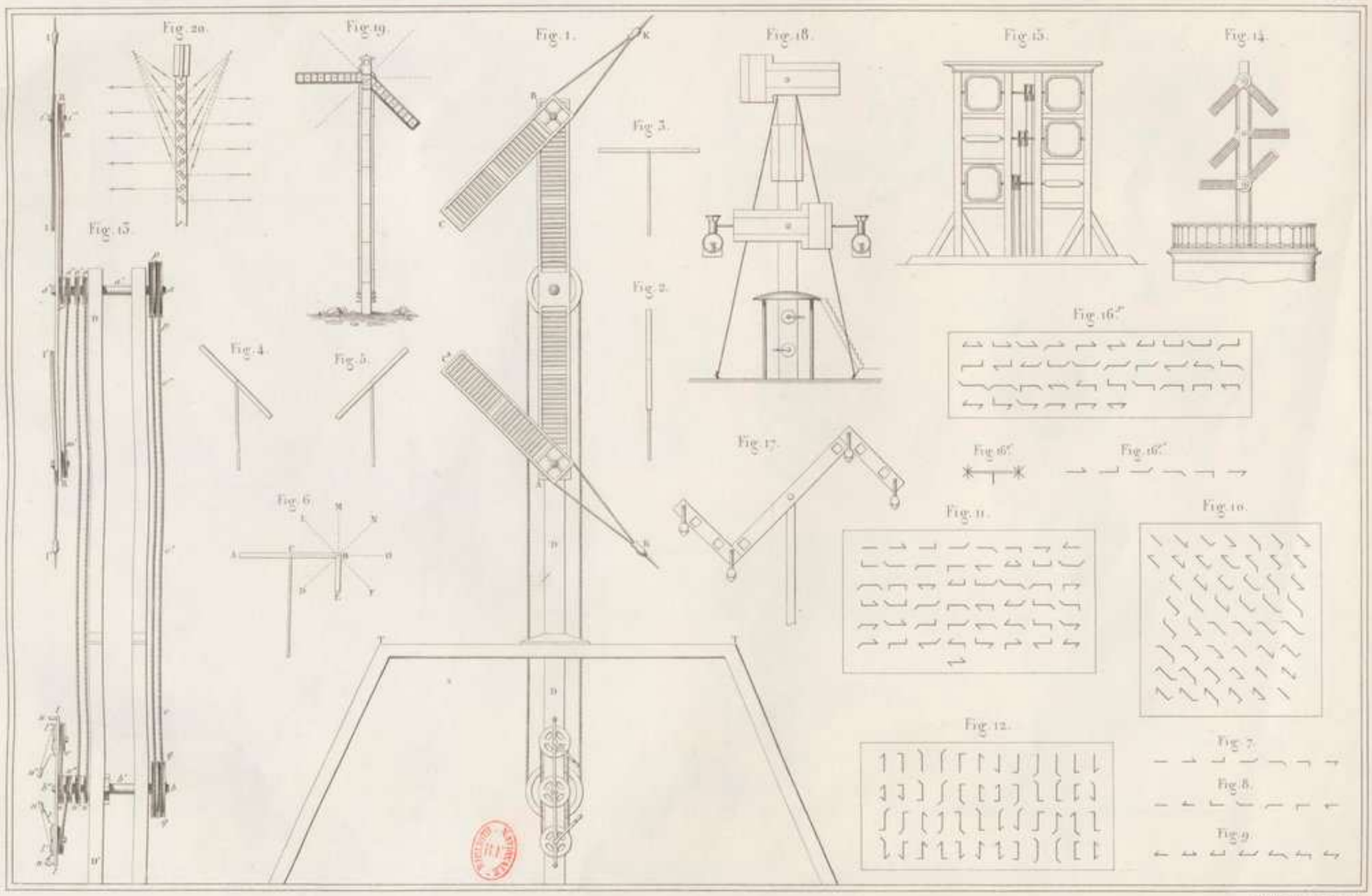
marche incessamment; mais aussitôt que le courant est interrompu dans le fil de l'électro-aimant, les aiguilles se mettent en mouvement sans que la marche uniforme de l'horloge soit en aucune manière troublée, et elles s'arrêtent dès que le courant est rétabli, l'horloge continuant toujours à marcher. On lit ainsi sur les cadrans, en dixièmes et millièmes de seconde, le temps pendant lequel le courant a été interrompu. Ce temps peut être celui qu'a employé un corps pesant pour tomber d'un décimètre de hauteur, temps qui n'est qu'un cinq-centième de seconde et que le chronoscope permet cependant d'apprécier. La *figure* 4, planche XXII, représente le chronoscope appliqué à la détermination des lois de la chute des corps. Le courant, issu du pôle positif *p* de la pile, vient en *a*, monte par l'une des colonnes à l'électro-aimant renfermé dans la boîte de l'horloge, parcourt le fil de cet électro-aimant, arrive en *b* et va ensuite en *c*, point de réunion des deux fils *cm*, *ce*. Dans la disposition actuelle de l'appareil *FB*, il y a interruption du circuit en *m;* le courant va donc en *e*, et de *e* en *i* à travers la boule de laiton *k;* de *i* il vient en *o* et de *o* au pôle négatif *z*. La boule *k* est suspendue à un fil retenu par le ressort *f*, lequel unit métalliquement les deux points *e* et *i;* mais aussitôt qu'on pousse le ressort *f*, la boule tombe, et par là même *i* n'est plus uni à *e*. Le courant est donc interrompu, et les aiguilles du chronoscope se mettent en mouvement. En frappant le plateau en bois *B*, la boule *k* amène en communication métallique les deux plaques métalliques *m* et *n;* le courant par là même est rétabli, il va de *p* en *a*, de *a* en *b* à travers l'électro-aimant, de *b* en *c*, de *c* en *m*, de *m* en *n*, de *n* en *o*, de *o* en *z;* et les aiguilles se sont arrêtées tout à coup. La différence entre leur position primitive et leur position actuelle donne le temps employé par la boule pour arriver de la potence *G* au plateau *B*. Les temps ainsi déterminés par le chronoscope s'accordent jusqu'au millième de seconde avec les temps assignés par la théorie. La potence *G* d'ailleurs est mobile pour qu'on puisse opérer tour à tour sur diverses hauteurs.

Pour déterminer au moyen de ce chronoscope le temps employé par une balle de pistolet ou de fusil à parcourir un ou plusieurs mètres, on fixe sur la bouche de l'arme un anneau en bois, et l'on tend sur cet anneau un fil très-fin dont les extrémités aboutissent en *c* et en *o;* puis à la distance voulue, un ou plusieurs mètres, on installe un plateau semblable au plateau *B*, mais plus solidement construit, et dont les deux plaques métalliques *m* et *n* communiquent aussi par des fils avec *c* et *o*. Si maintenant on fait partir le coup, la balle rompt le fil de l'anneau, le courant est interrompu, les aiguilles marchent; mais cette même balle en rencontrant le plateau rétablit le courant, les aiguilles s'arrêtent et on lit sur les cadrans le temps employé par la balle à parcourir la distance de la bouche de l'arme au plateau. On pourrait mesurer de la même manière avec le chronoscope la vitesse d'inflammation de la poudre; et même, à l'aide de quelques dispositions additionnelles, la vitesse de la lumière et de l'électricité. Le chronoscope de M. Hipp est admirablement construit, il fonctionne parfaitement et M. Wheatstone l'a définitivement adopté comme appareil modèle.

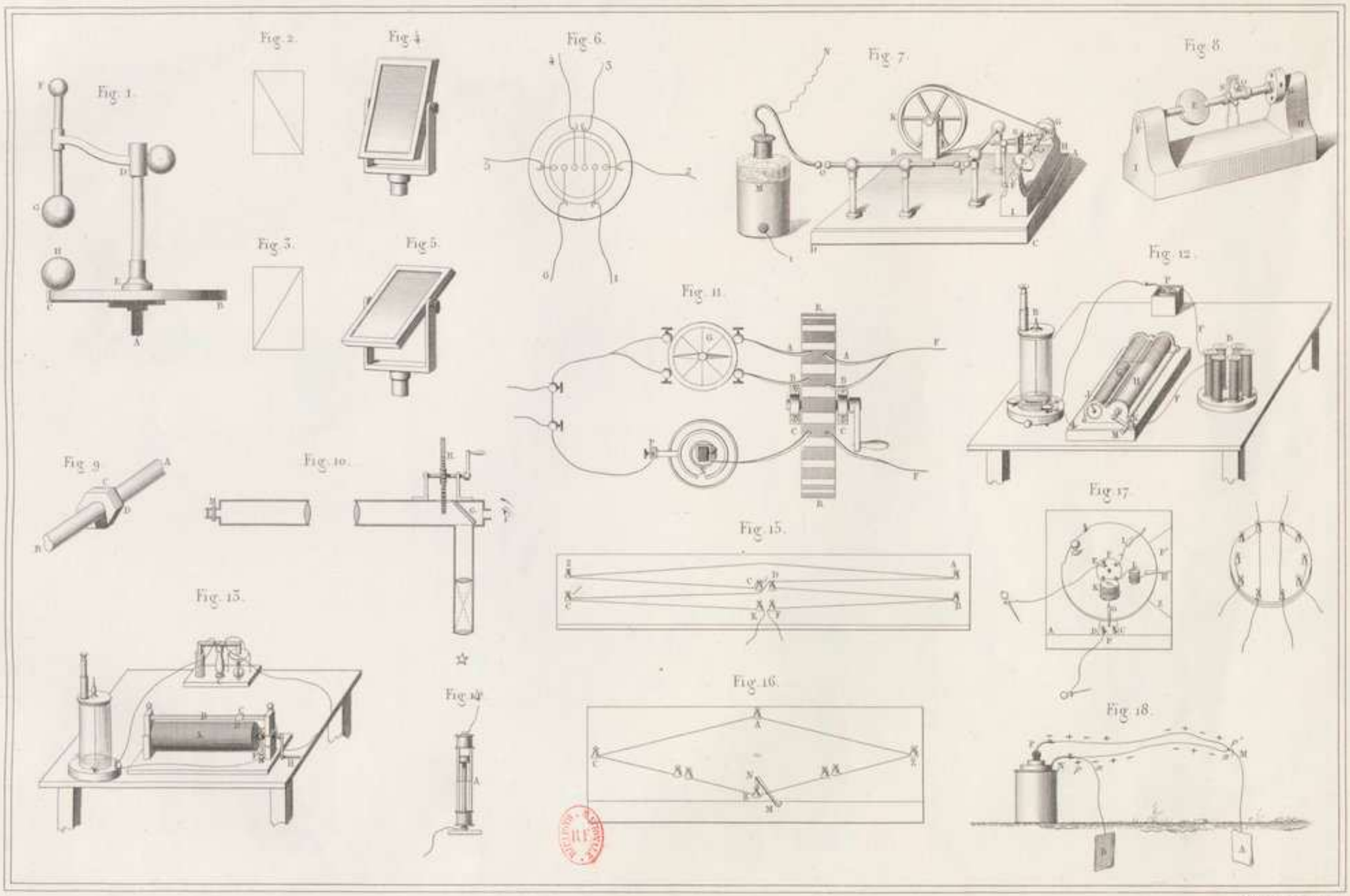
PARIS. TYPOGRAPHIE PLON FRÈRES, 36, RUE DE VAUGIRARD.

TÉLÉGRAPHES ANCIENS DE JOUR ET DE NUIT.

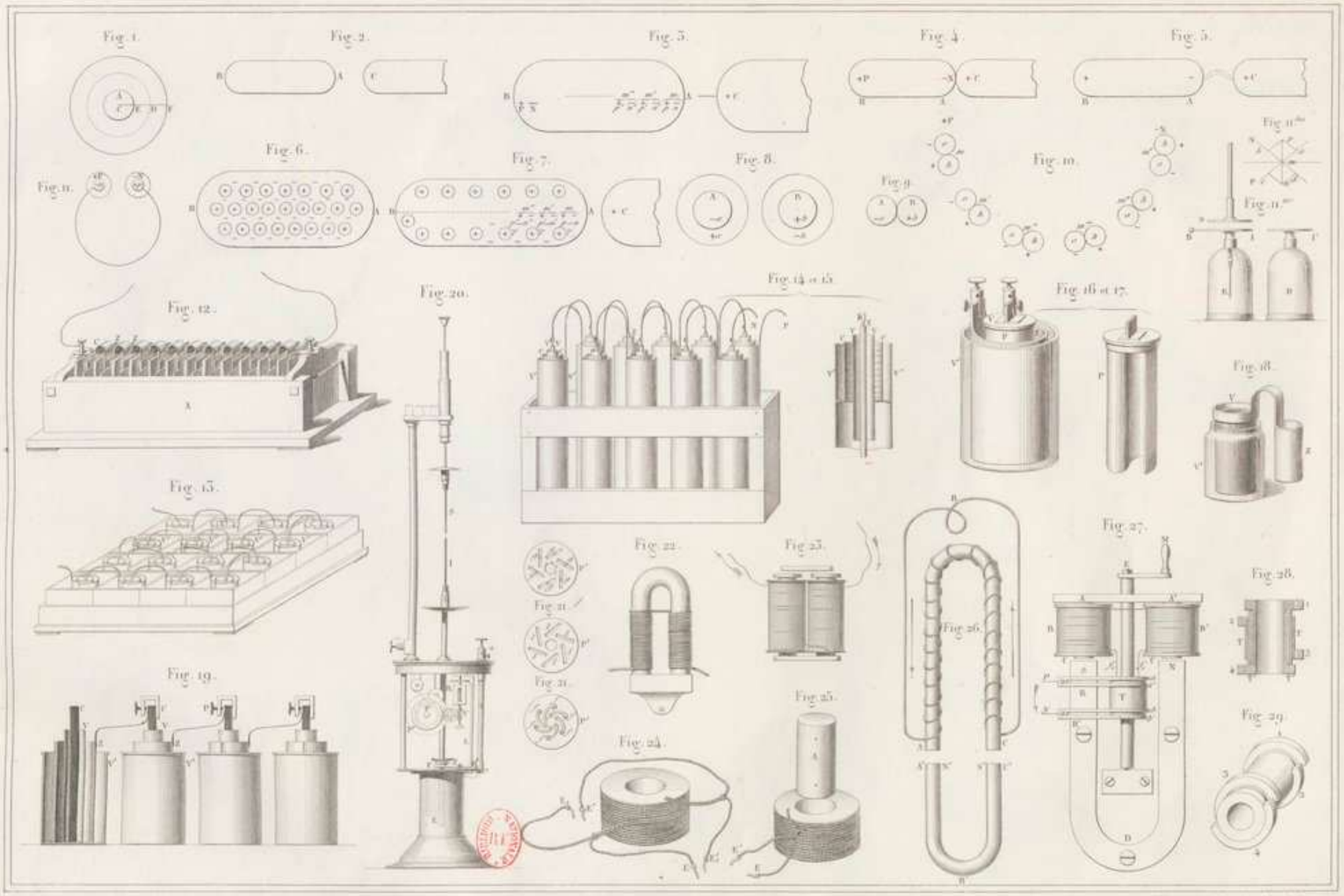
Pl. I.




Gravé par E. Mormier.




Gravé par E. Wormser




Gravé par E. Mercier.

Fig. 1.

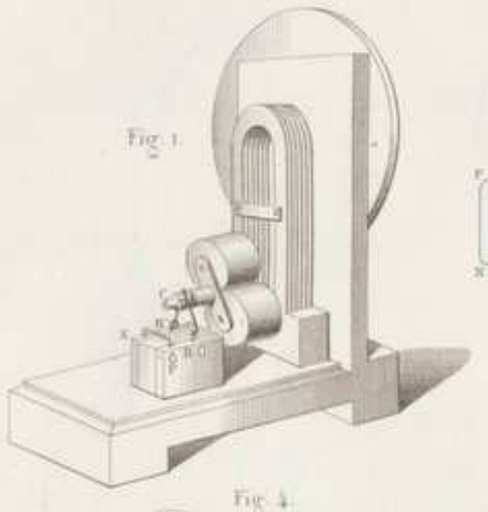


Fig. 2.

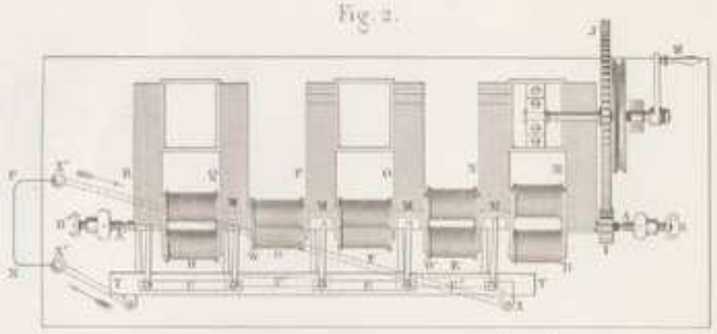


Fig. 3.

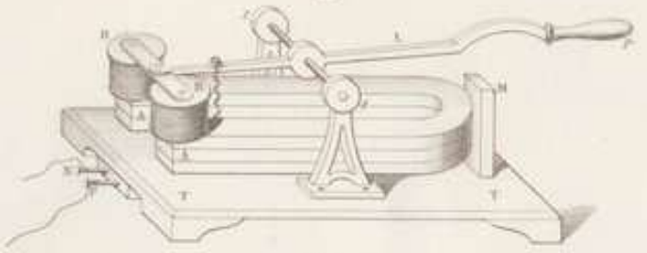


Fig. 4.

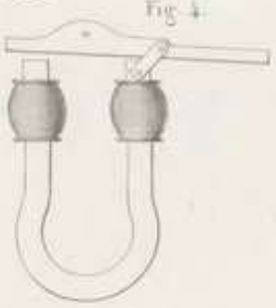


Fig. 5.

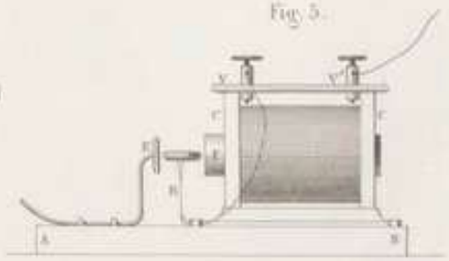


Fig. 6.

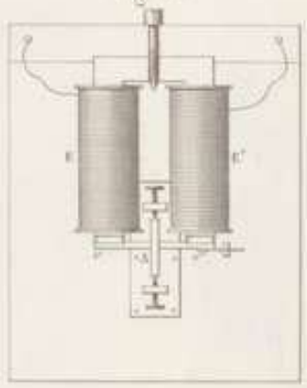


Fig. 7.

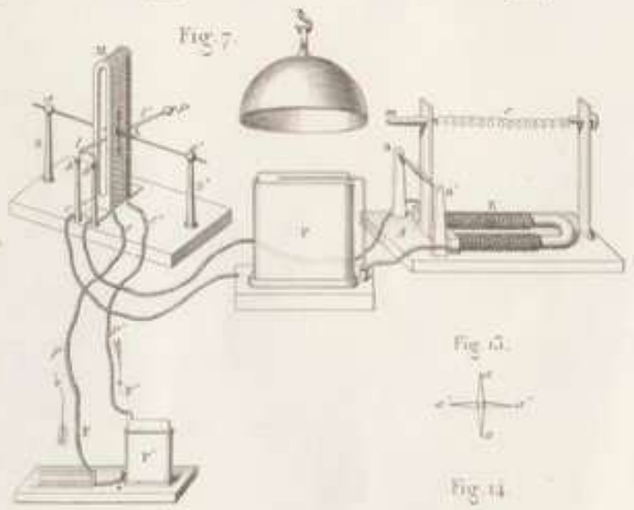


Fig. 13.



Fig. 8.

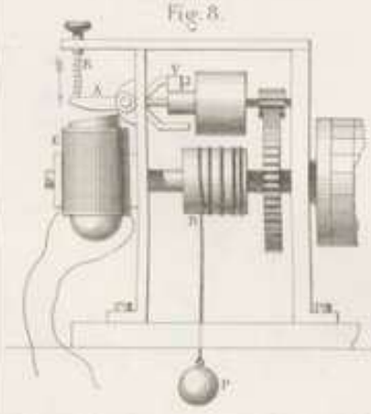


Fig. 9.

Fig. 10.

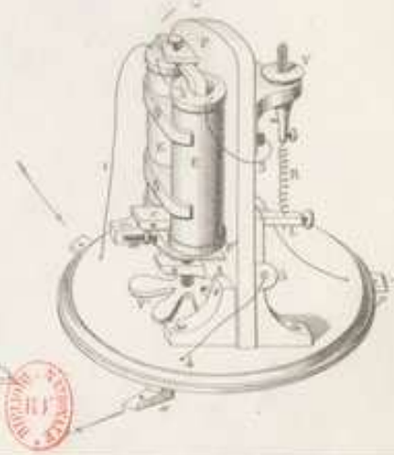


Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 14.

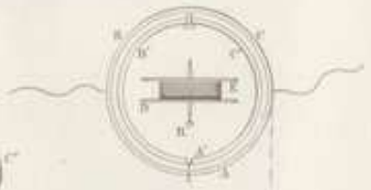
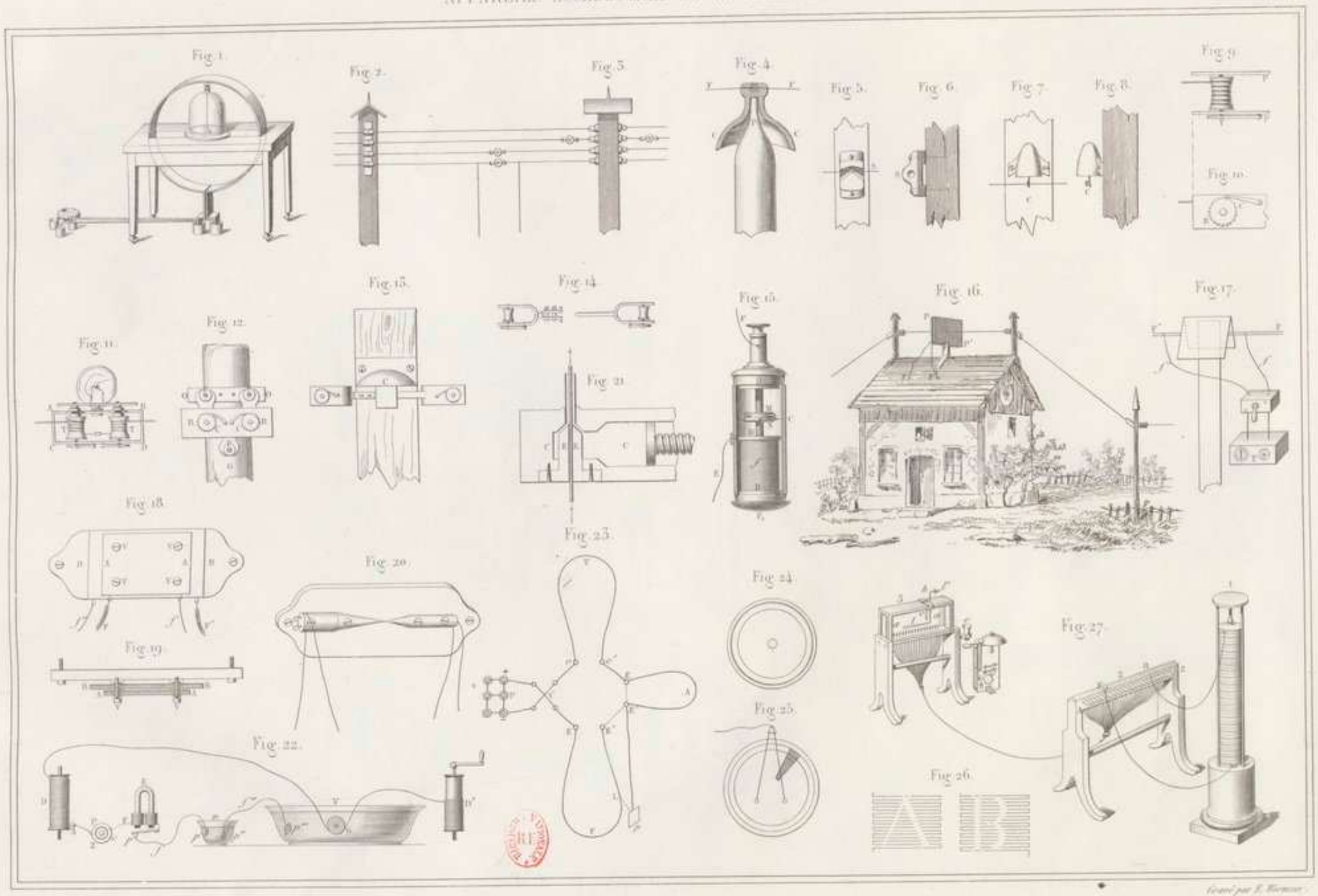
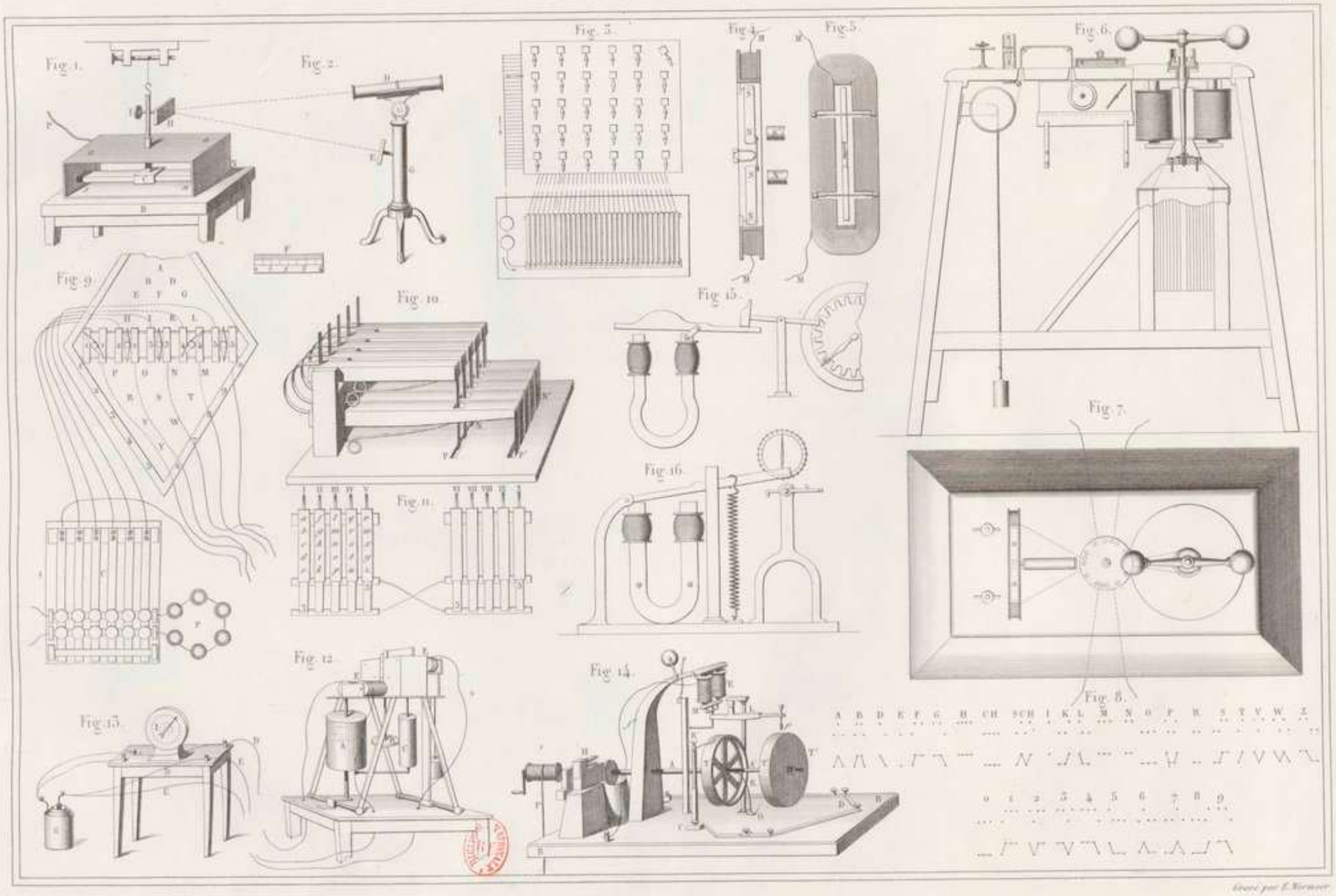


Fig. 15.

BIBLIOTECA CENTRALE



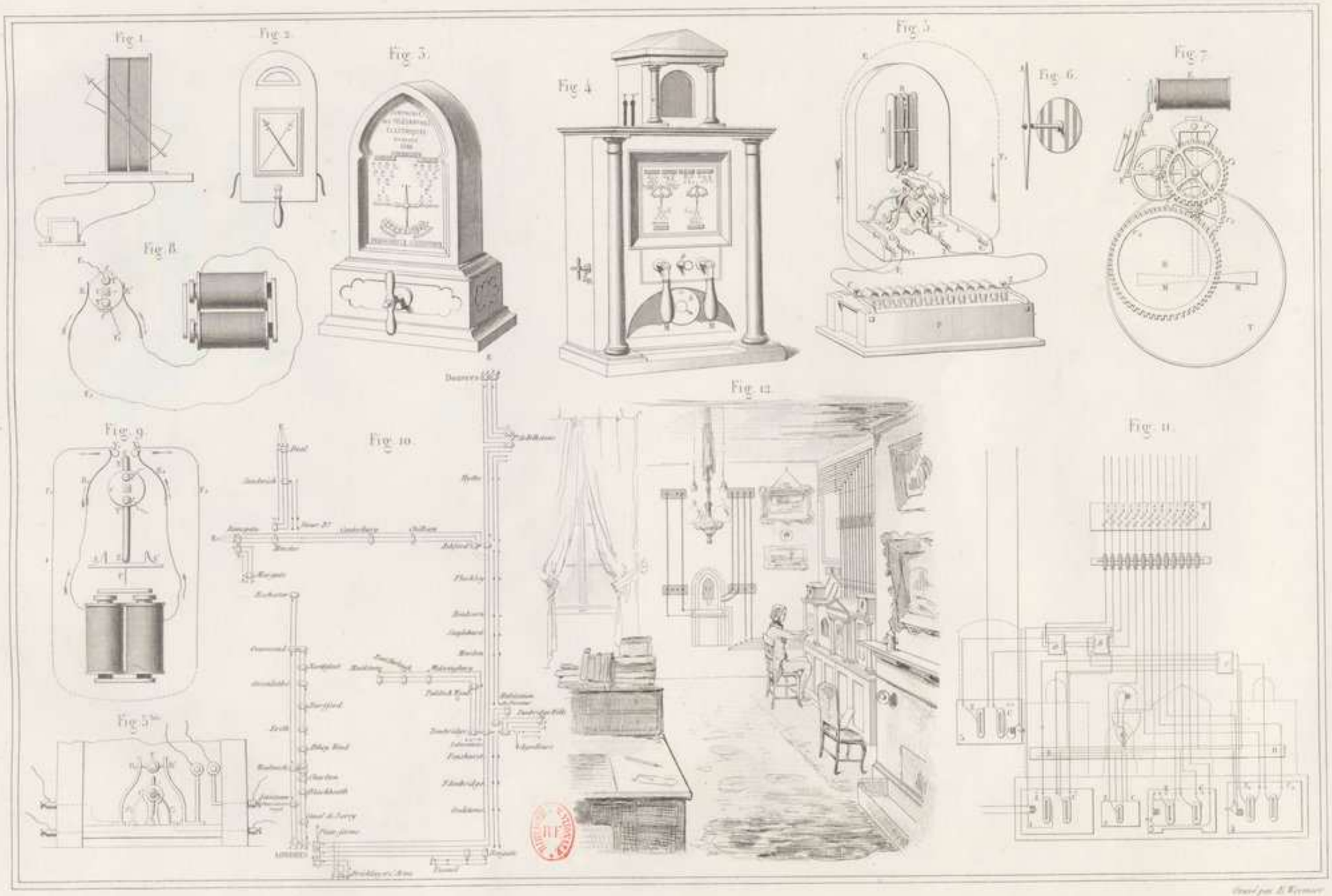

Gravé par E. Wormser.



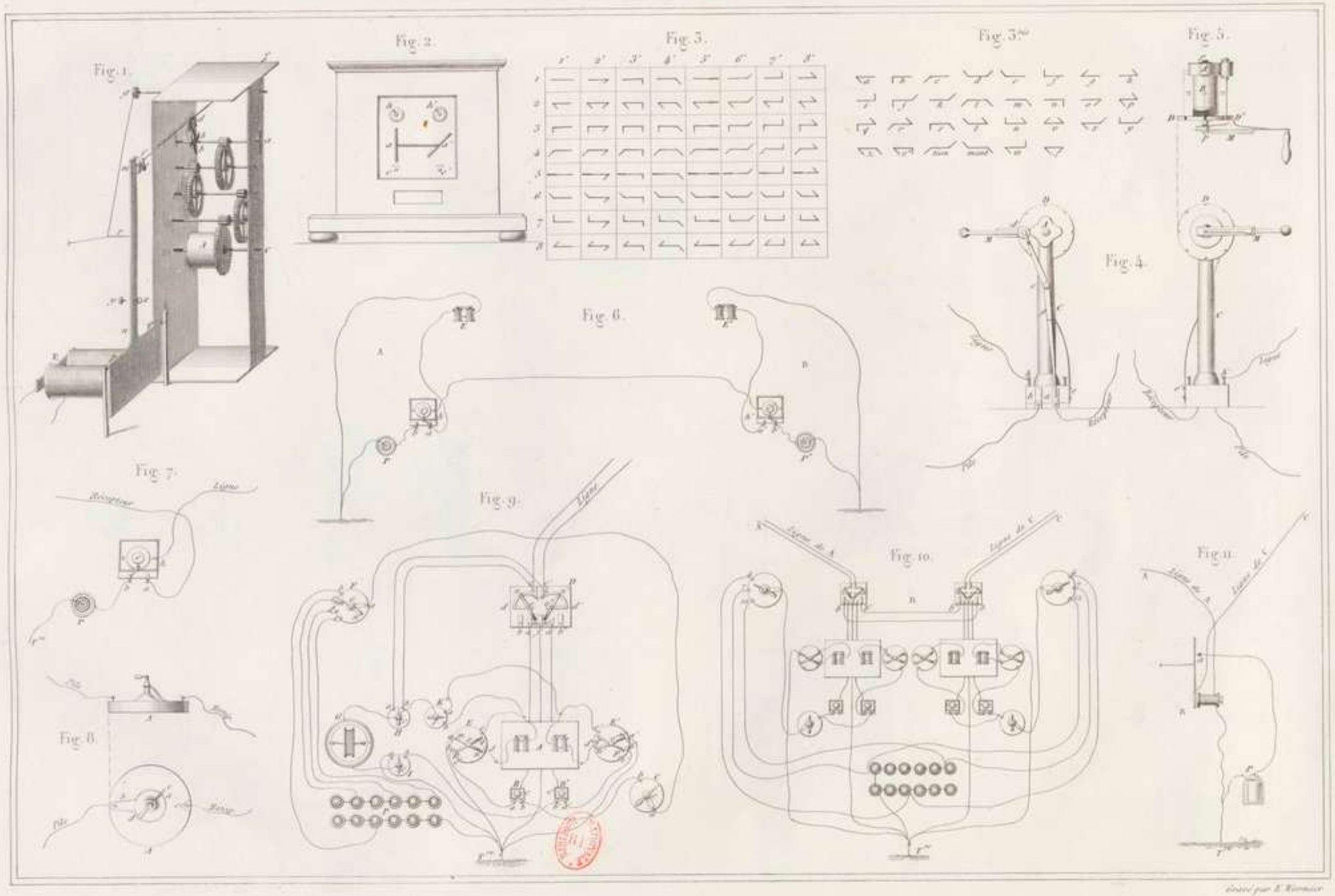

Gravé par E. Wormser

TÉLÉGRAPHES A AIGUILLES DE L'ADMINISTRATION ANGLAISE.

Pl. VII




Gravé par E. Wormser




Gravé par E. Wormser

Fig. 1.

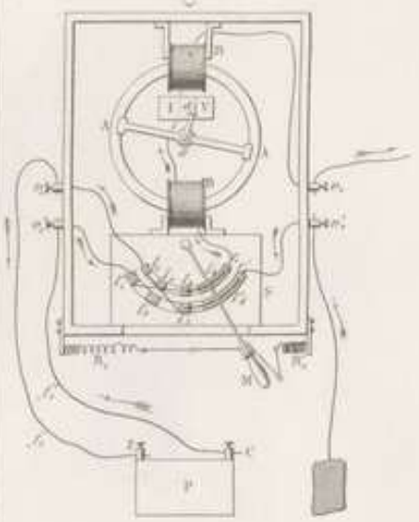


Fig. 3.

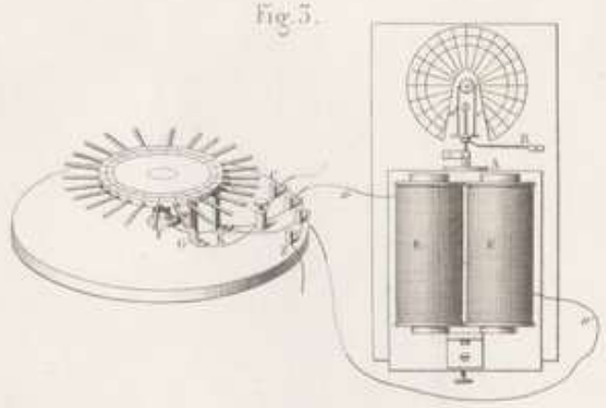


Fig. 6.

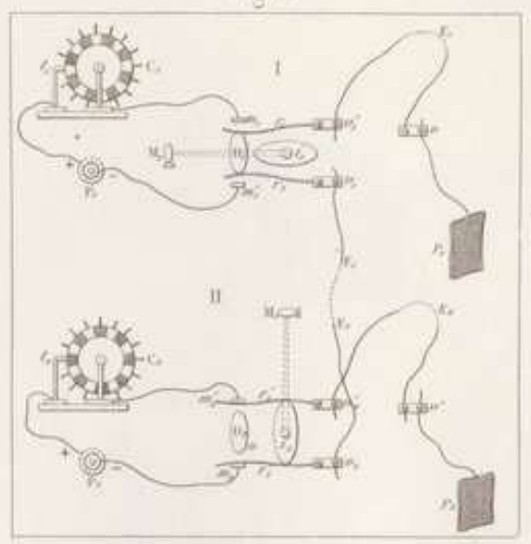


Fig. 8.

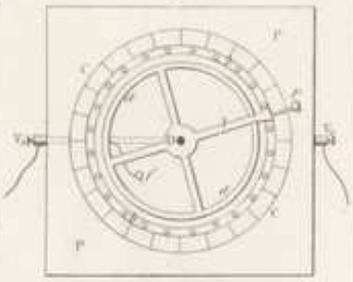


Fig. 9.

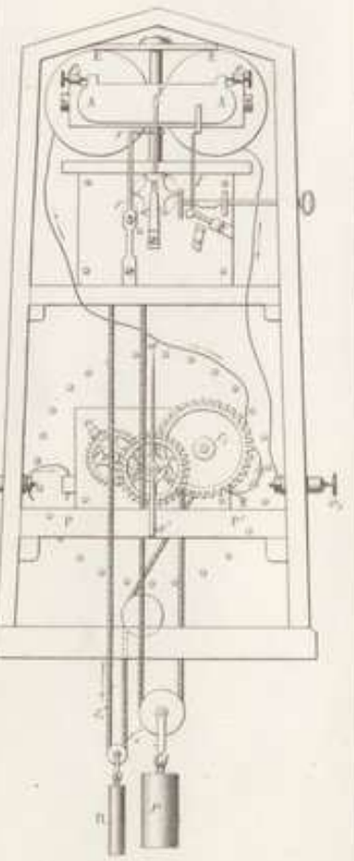


Fig. 4.

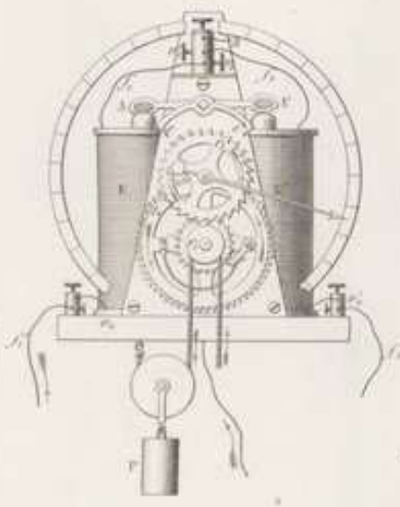


Fig. 5.

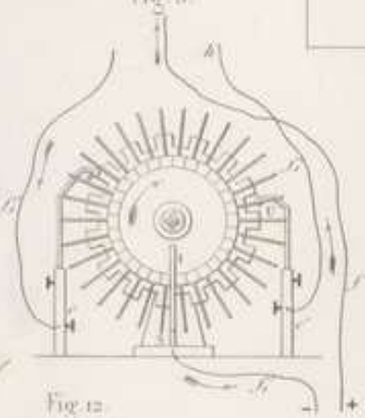


Fig. 7.

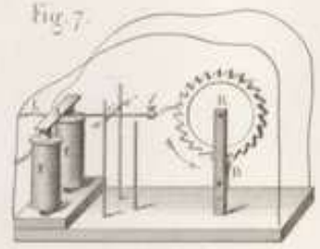


Fig. 2.

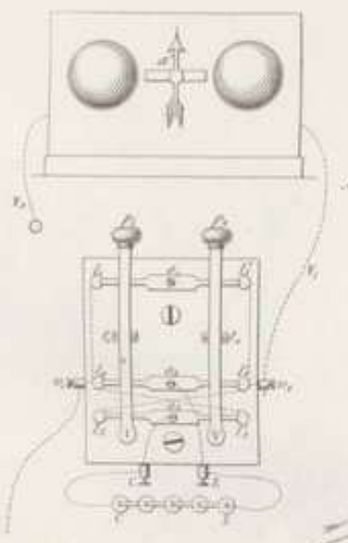


Fig. 11.

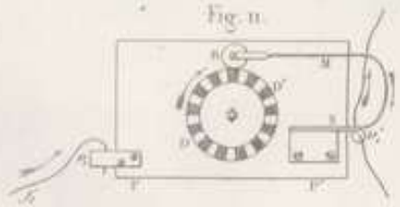


Fig. 12.

Fig. 13.

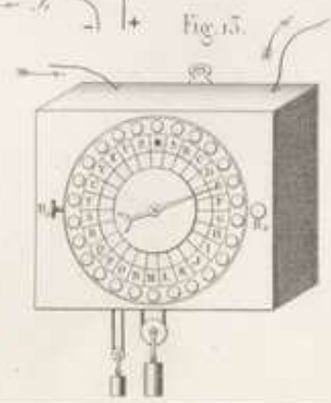


Fig. 10.

BIBLIOTECA NACIONAL

Imprimé par E. Wermuse

Fig. 1.

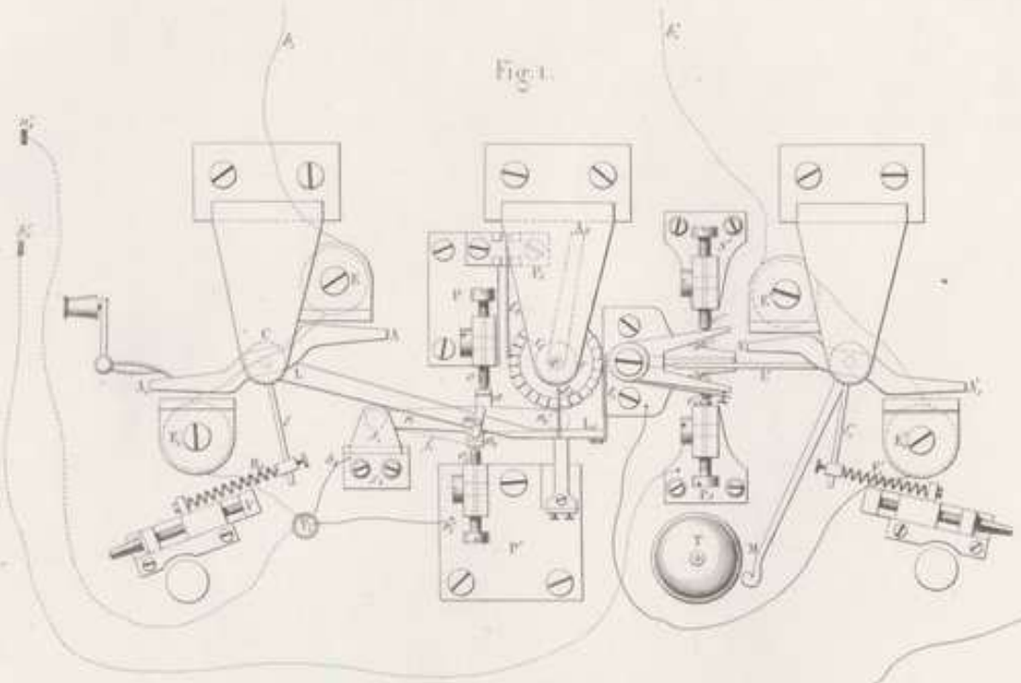


Fig. 2.

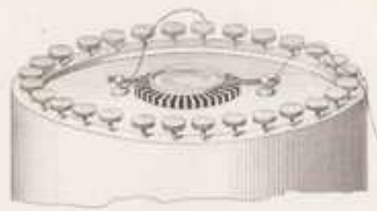


Fig. 3.

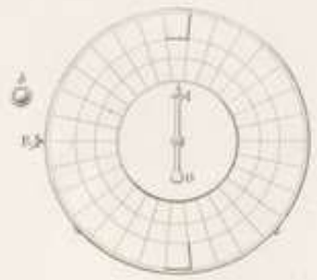


Fig. 6.

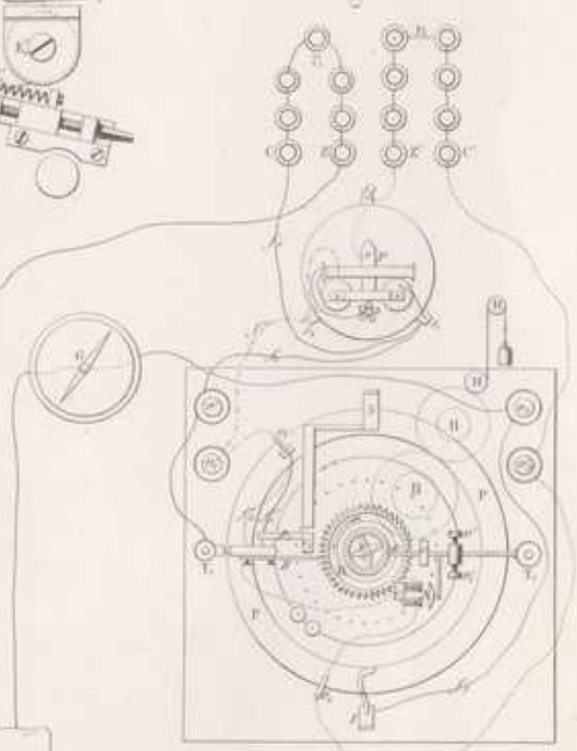


Fig. 5.

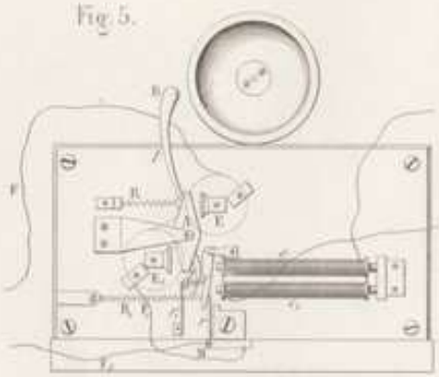


Fig. 4.

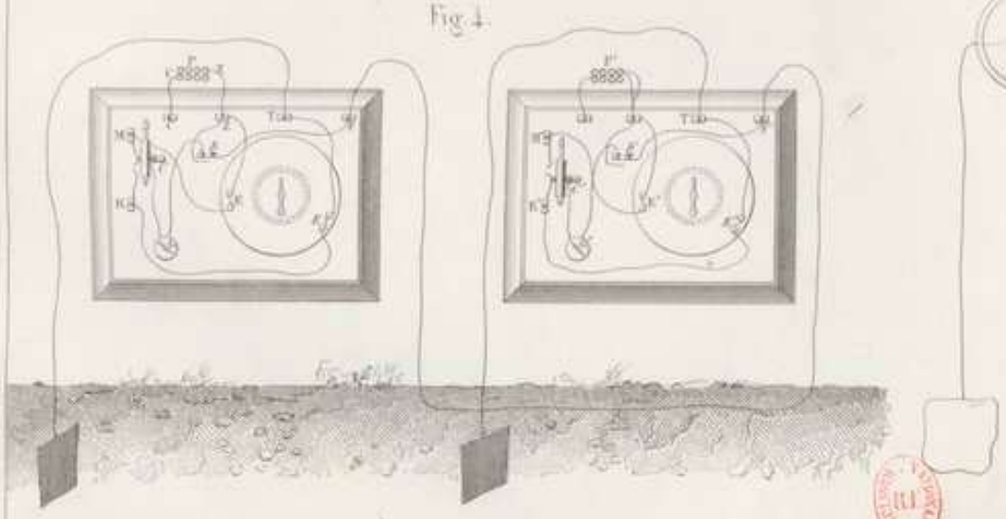
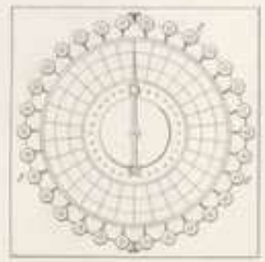


Fig. 7.



BIBLIOTECA CENTRAL

Supplément à la Planche 12.

*Compteur électro-magnétique.*

Fig. 5.

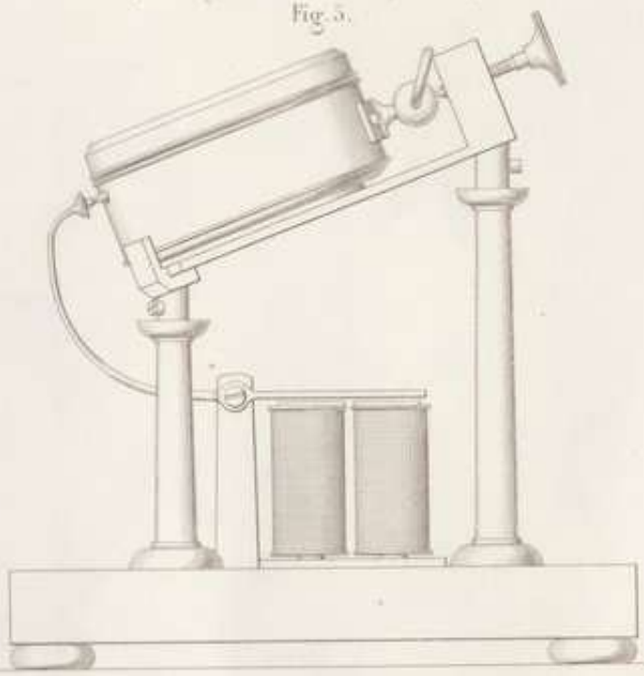
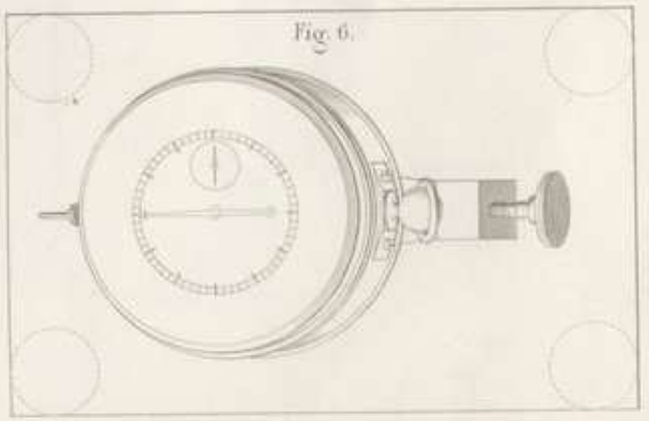


Fig. 6.



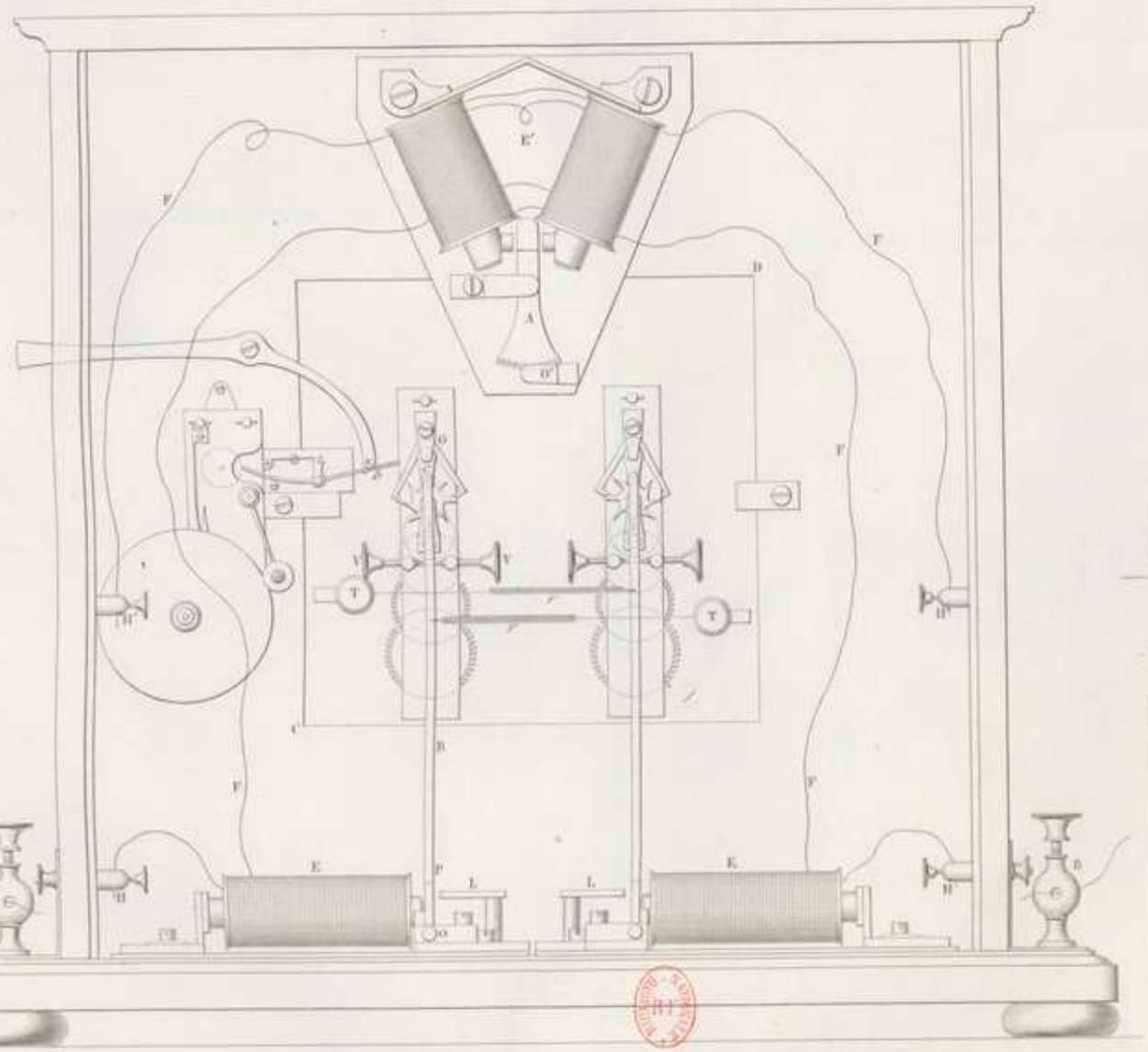


Fig. 1.

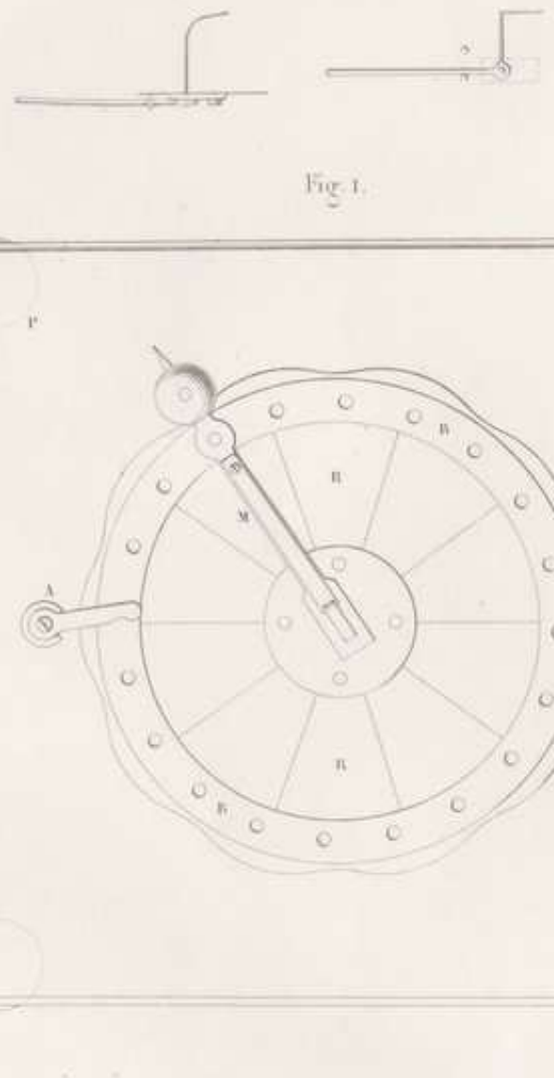


Fig. 2.

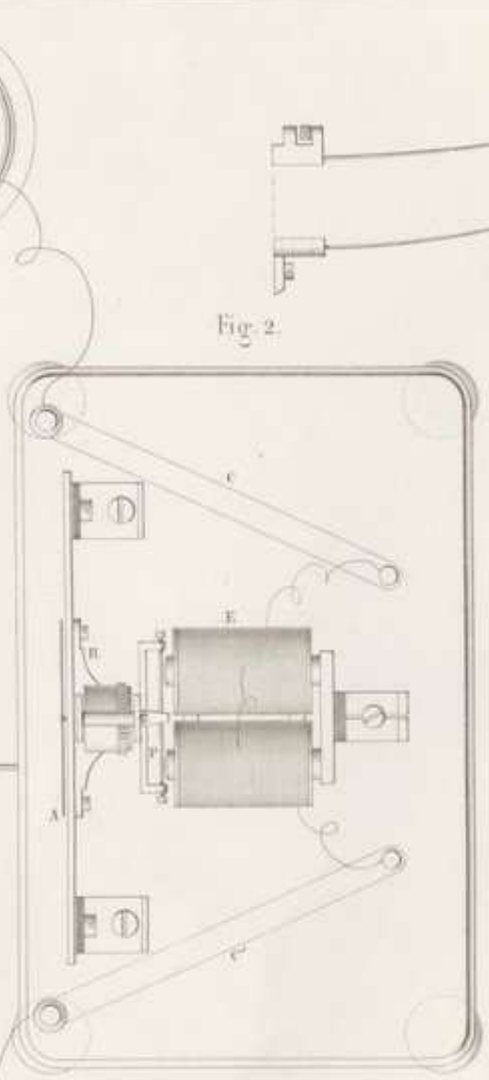


Fig. 4.

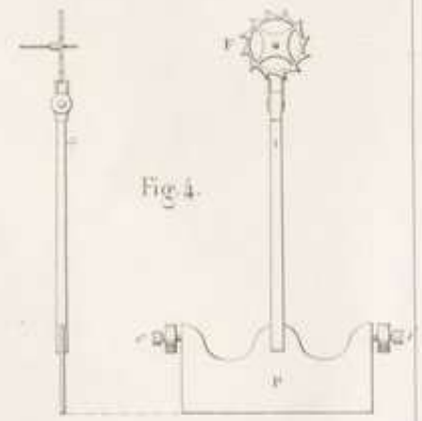
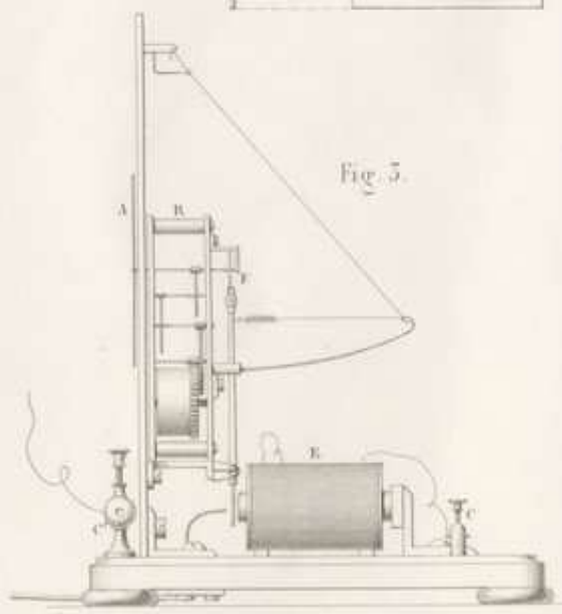
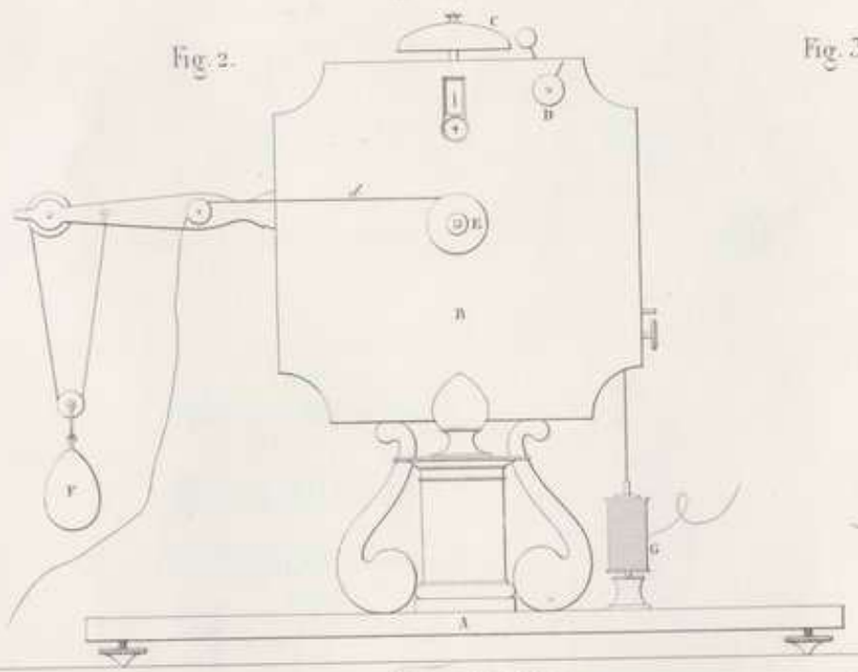


Fig. 3.



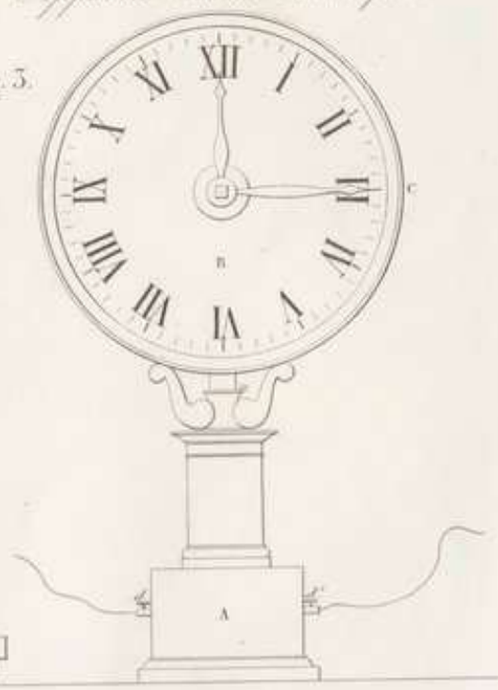
*Télégraphe.*

Fig. 2.



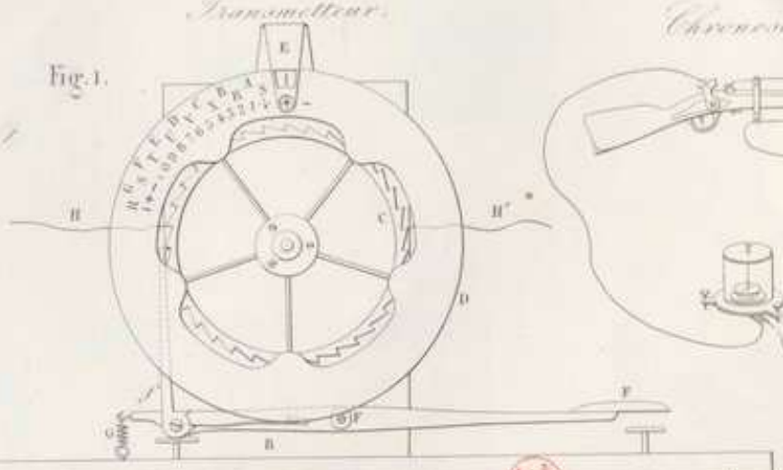
*Appareil Chrono-électrique.*

Fig. 3.

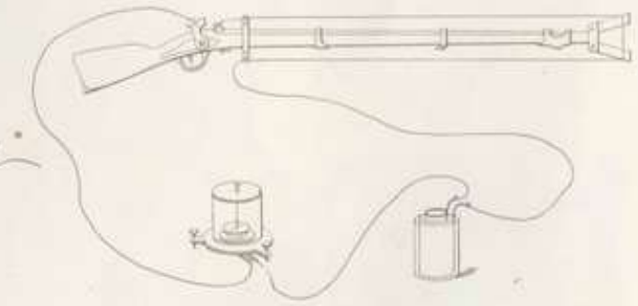


*Transmetteur.*

Fig. 1.



*Chronoscope de M. Pouillet.*



BIBLIOTECA

Fig. 1.

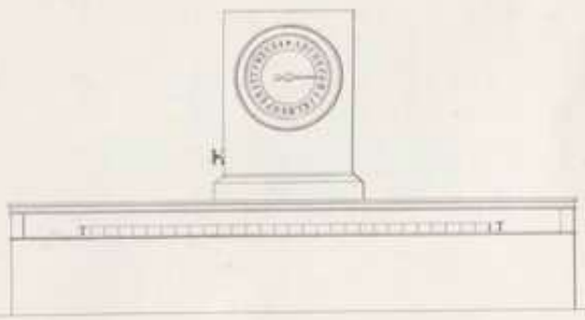


Fig. 2.

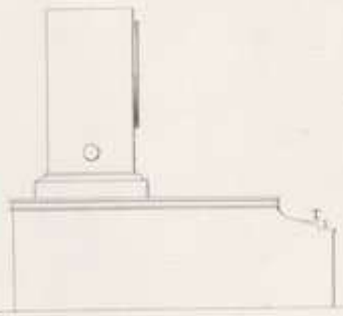


Fig. 3.

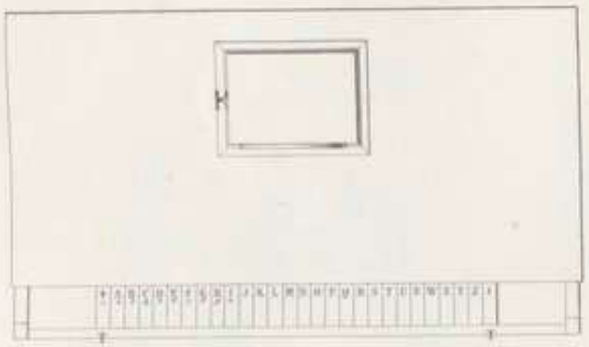


Fig. 4.

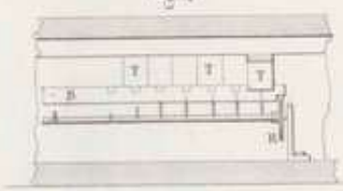


Fig. 5.

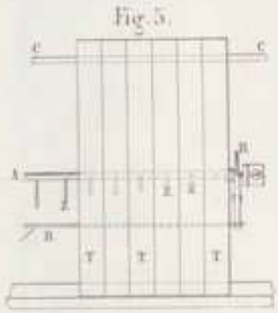


Fig. 6.

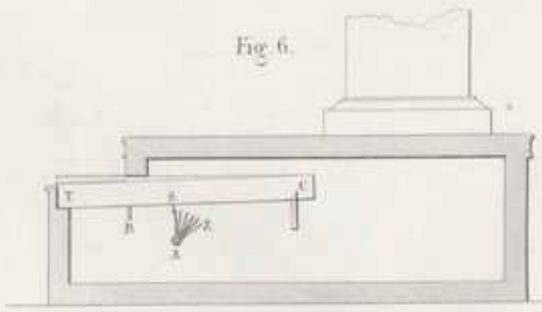


Fig. 7.

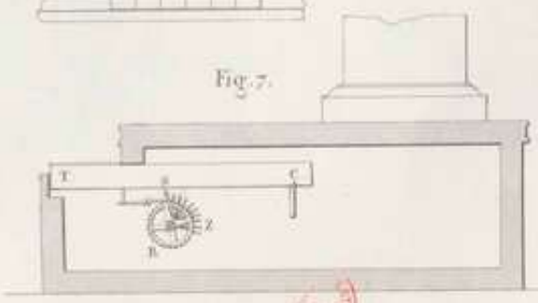


Fig. 8.

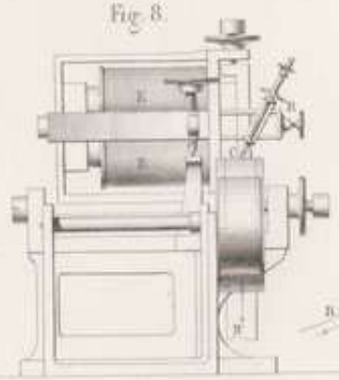


Fig. 9.

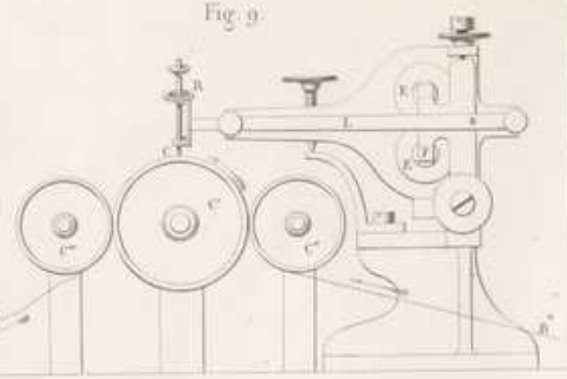


Fig. 11.

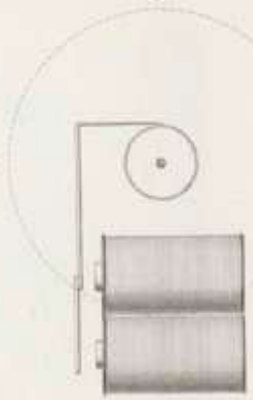


Fig. 10.

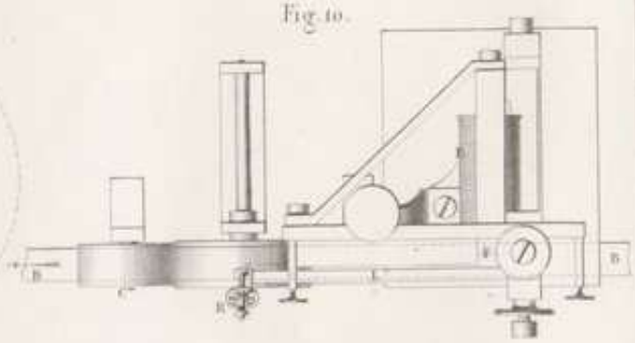
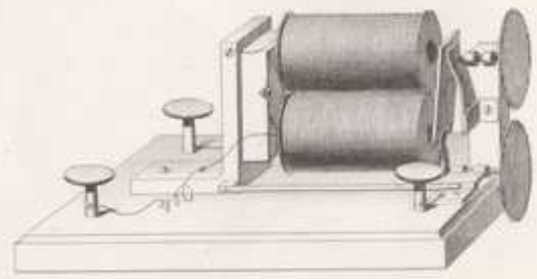


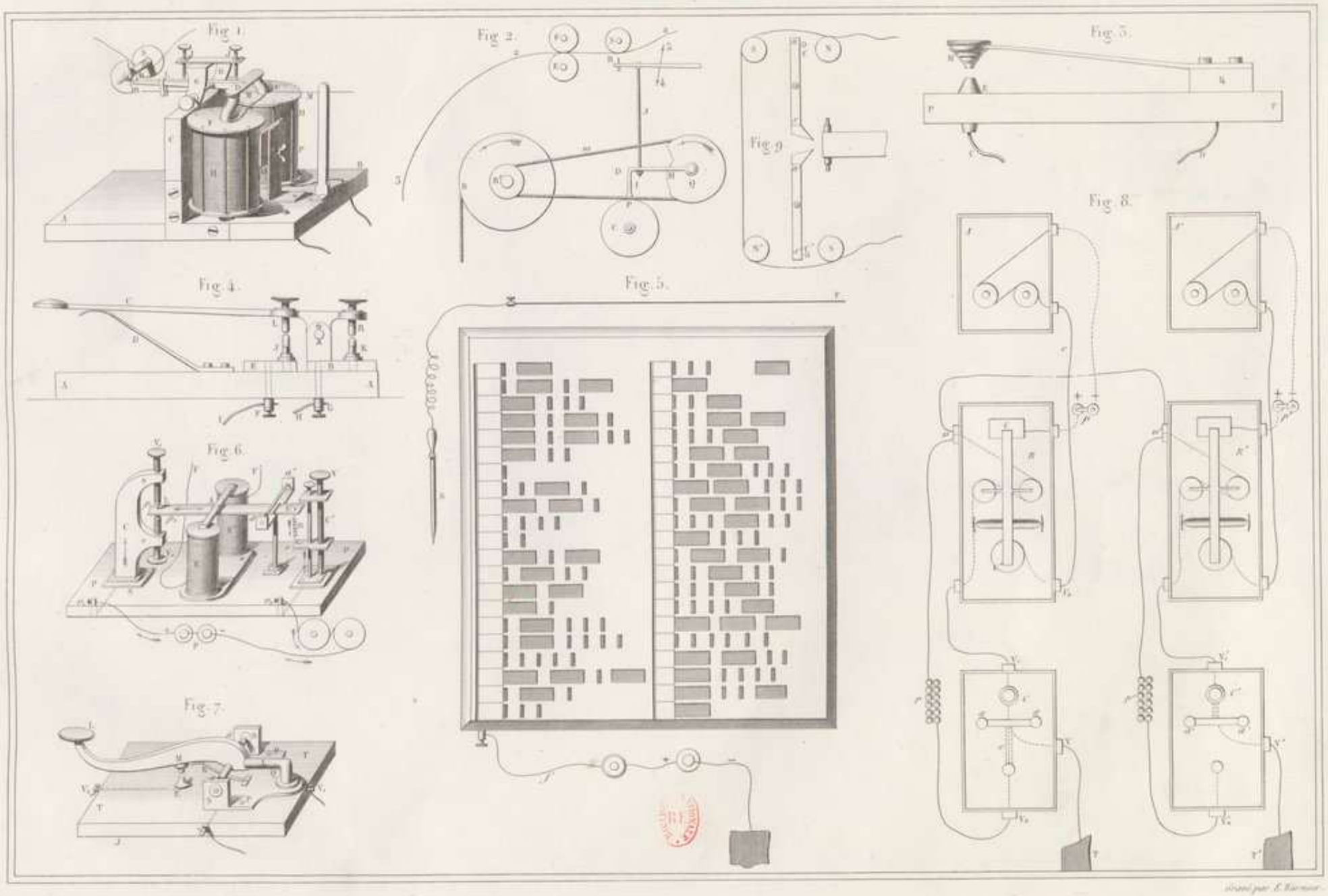
Fig. 12.



BIBLIOTECA

TÉLÉGRAPHE ÉCRIVANT DE Mr MORSE

Pl. XV




Gravé par E. Barnier

Fig.1.

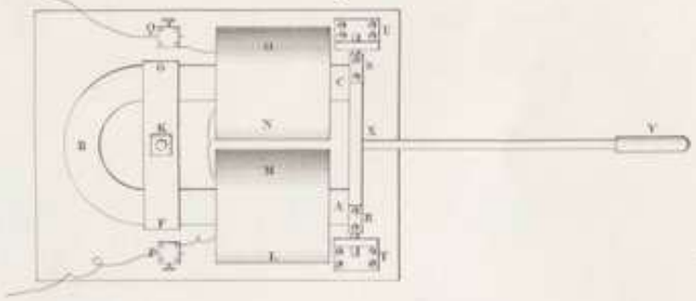


Fig.4.

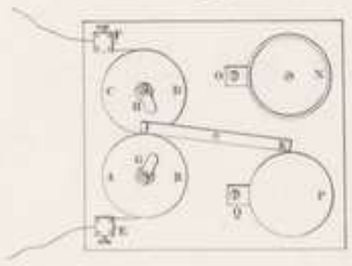


Fig.6.

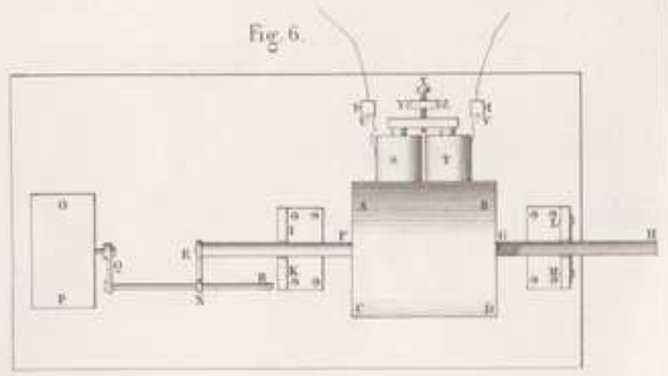


Fig.2.

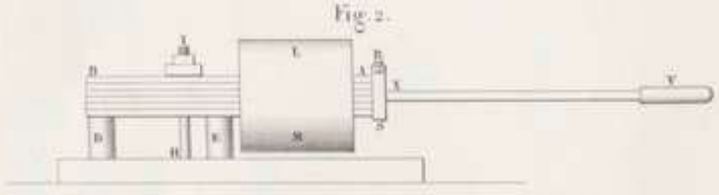


Fig.5.

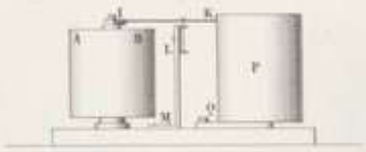


Fig.3.

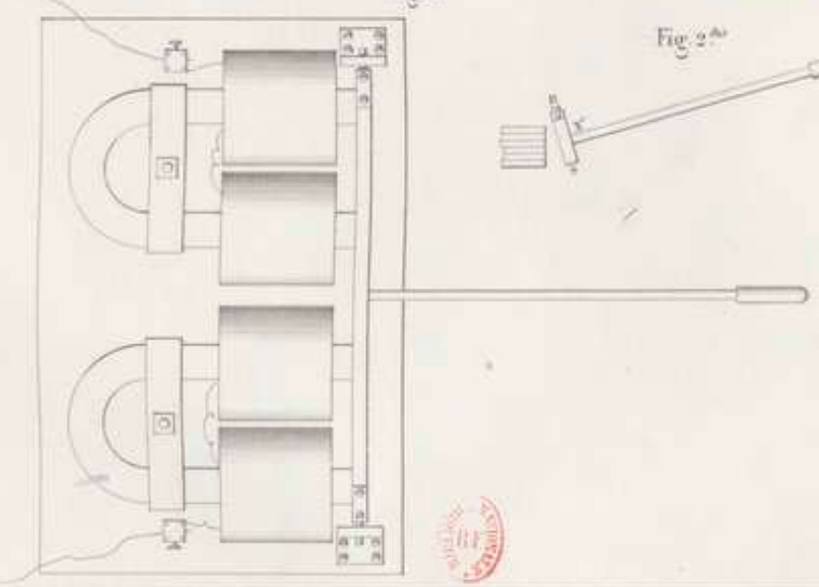


Fig.2bis

Fig.7.

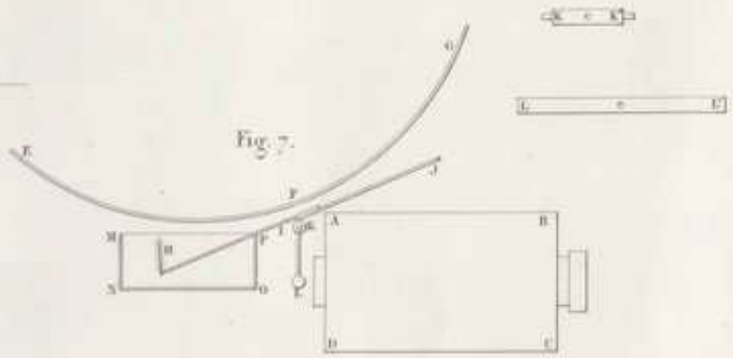
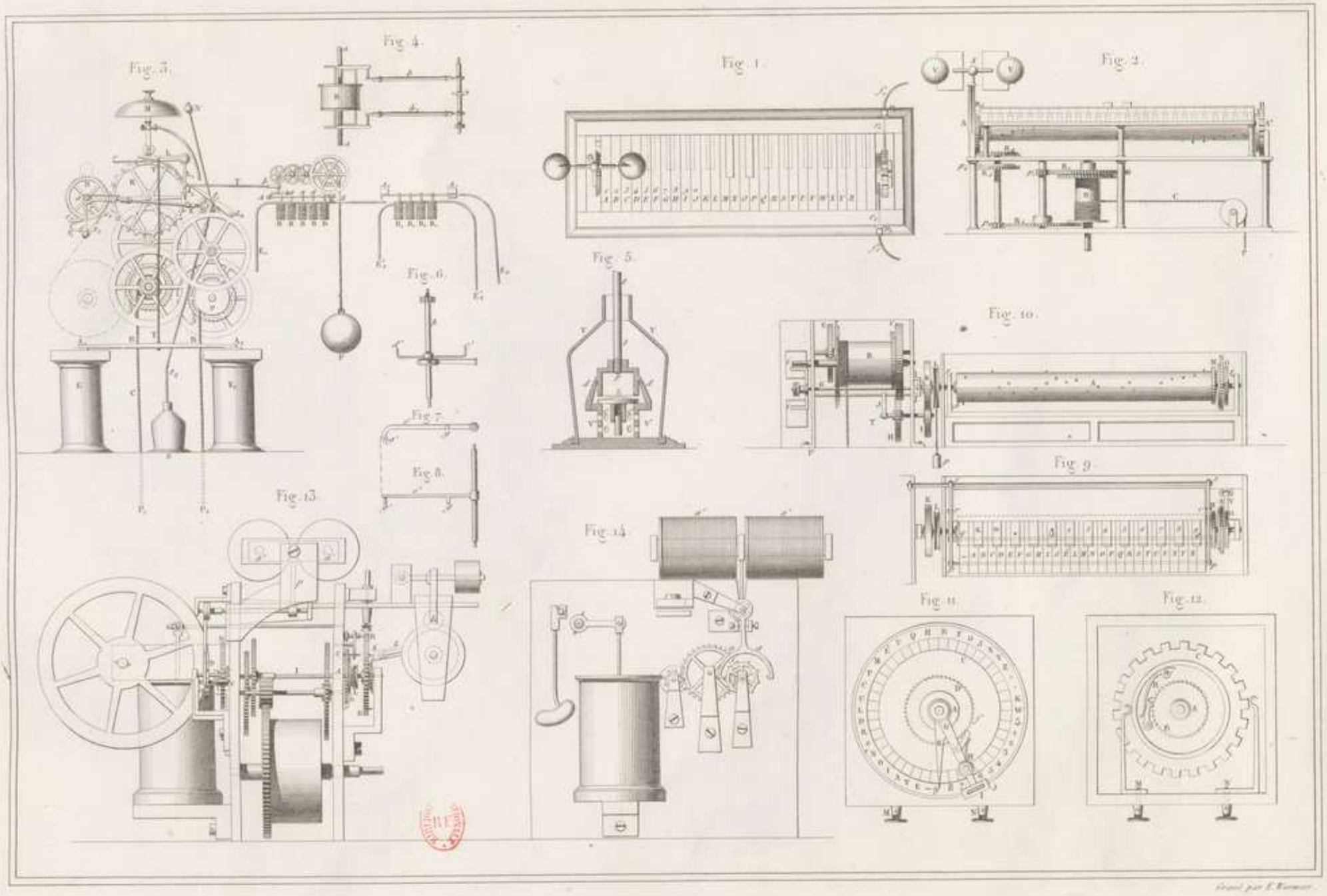


Fig.8.

TÉLÉGRAPHE IMPRIMANT DE Mr BRETT.

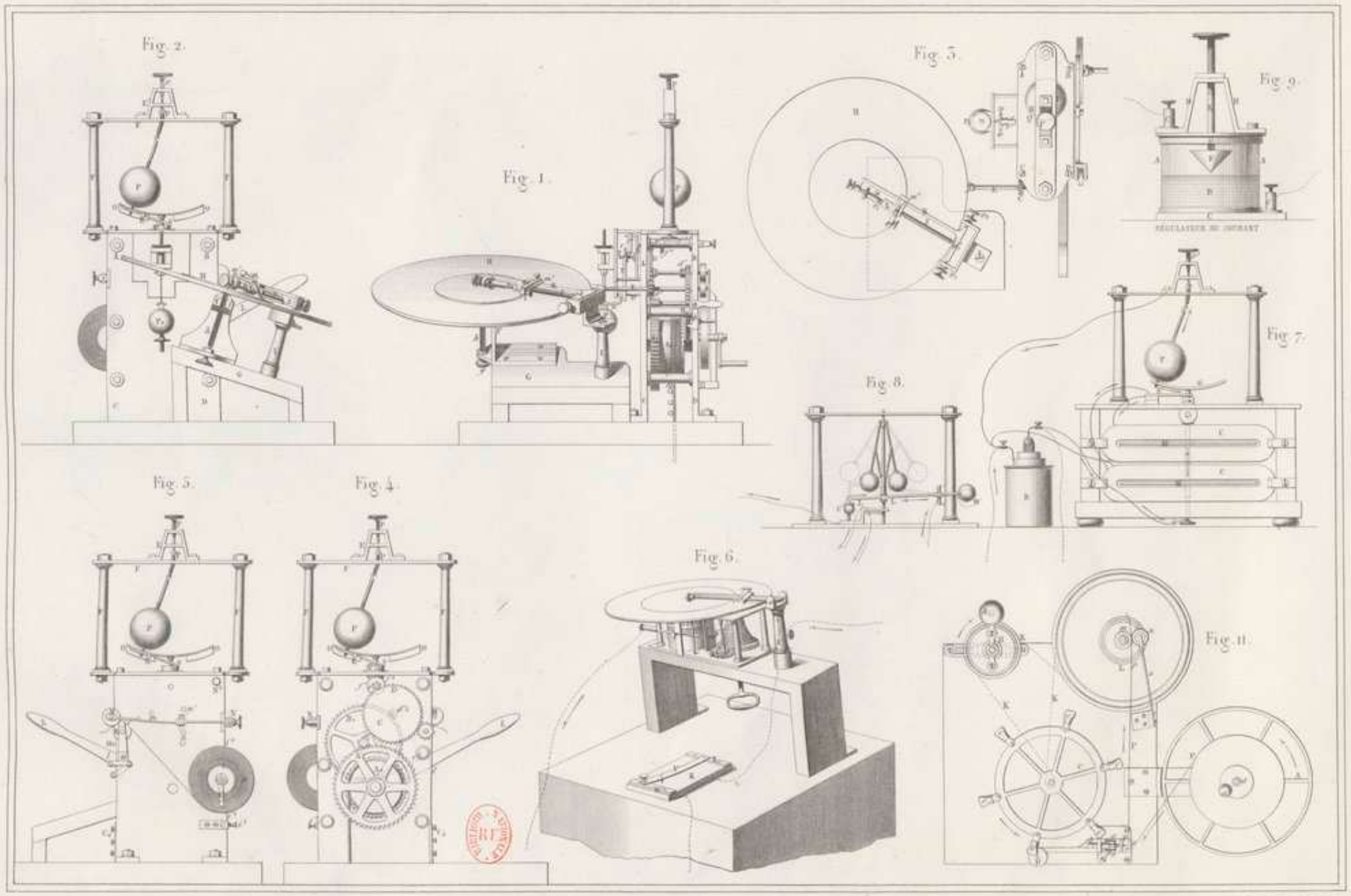
Pl. XVII.




Gravé par E. Wormser.

TÉLÉGRAPHE ÉLECTRO-CHIMIQUE, DE Mr BAIN.






Gravé par E. Wormser.

Fig. 1.

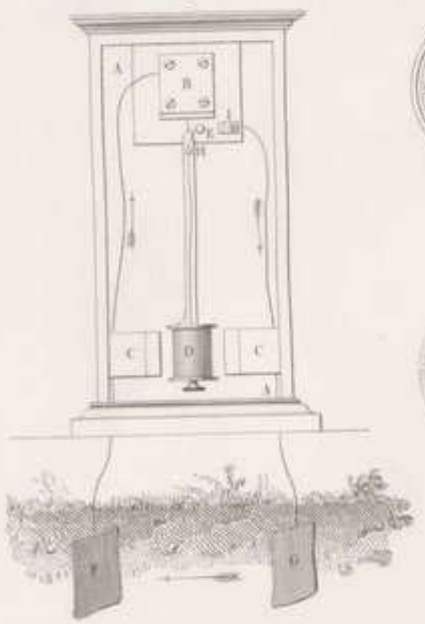


Fig. 4.

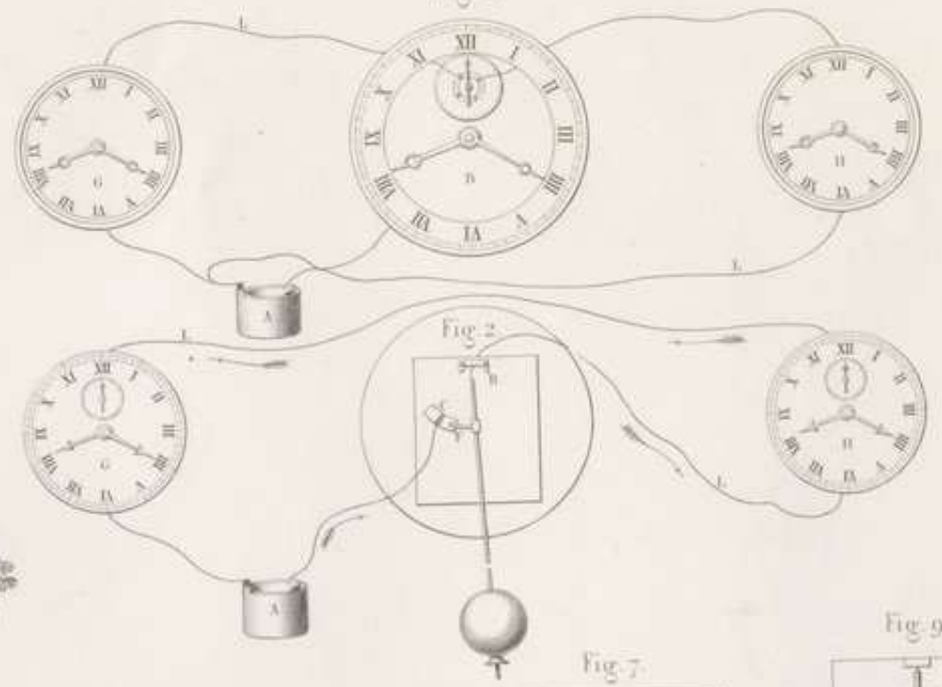


Fig. 2.



Fig. 3.

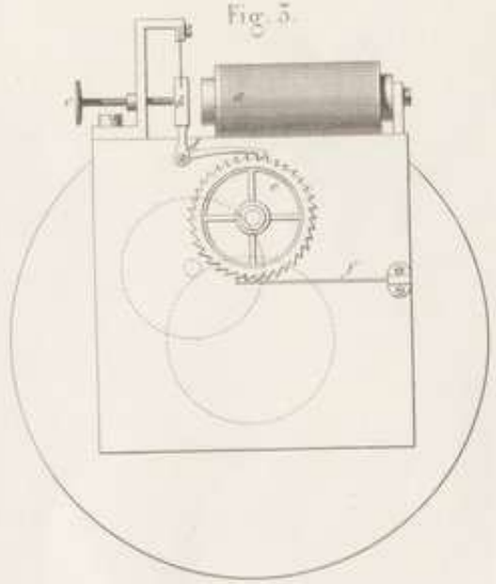


Fig. 5.

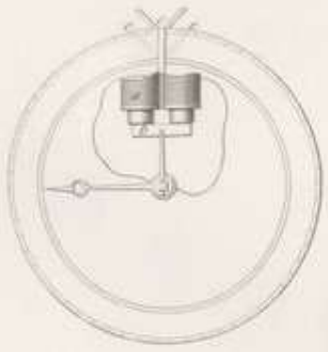


Fig. 6.

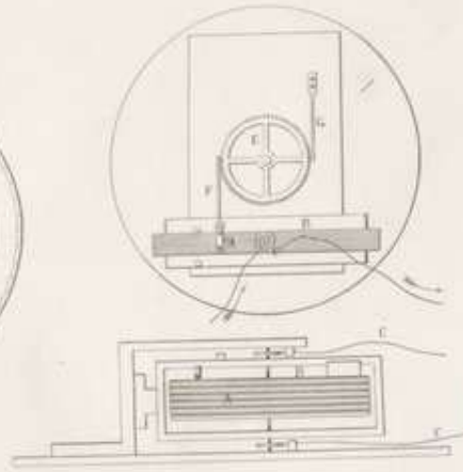


Fig. 7.

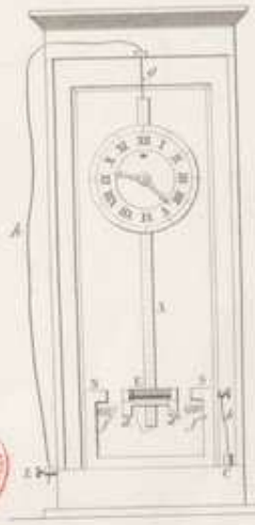


Fig. 9.

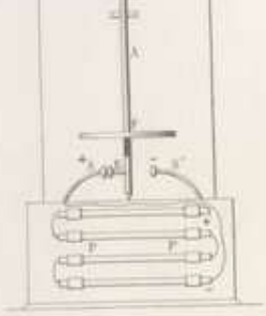
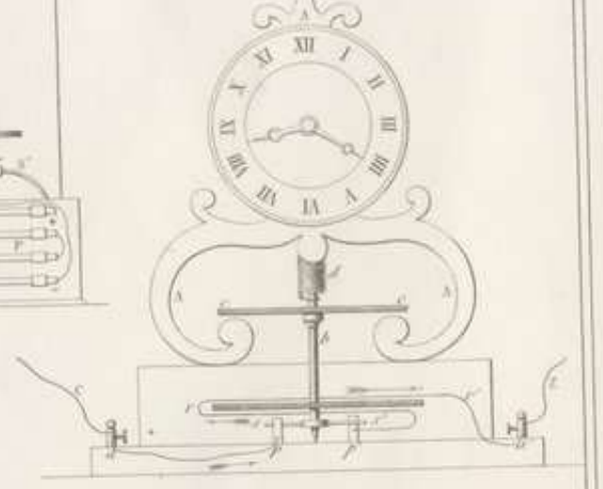


Fig. 8.



Gravé par E. Wormser.

Fig. 1.

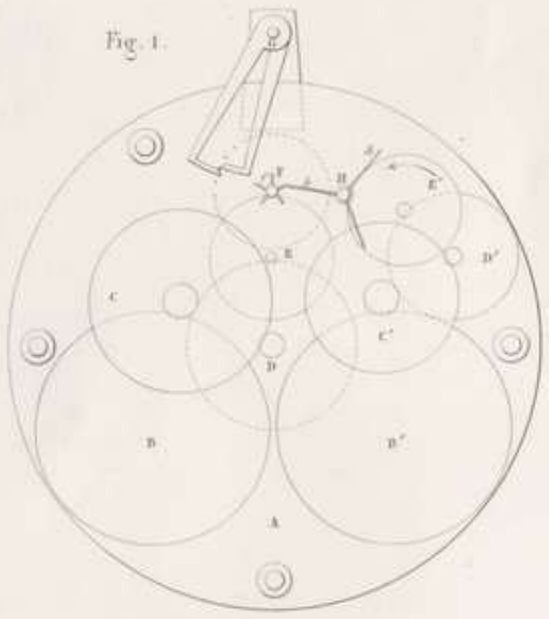


Fig. 2.

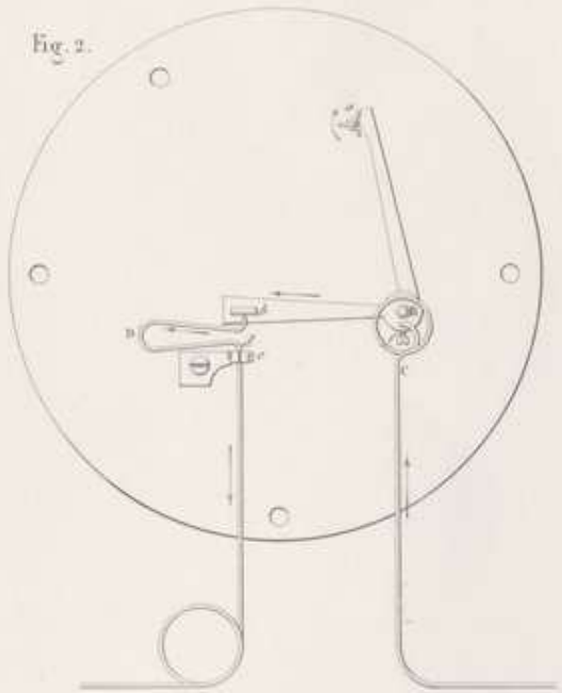


Fig. 3.

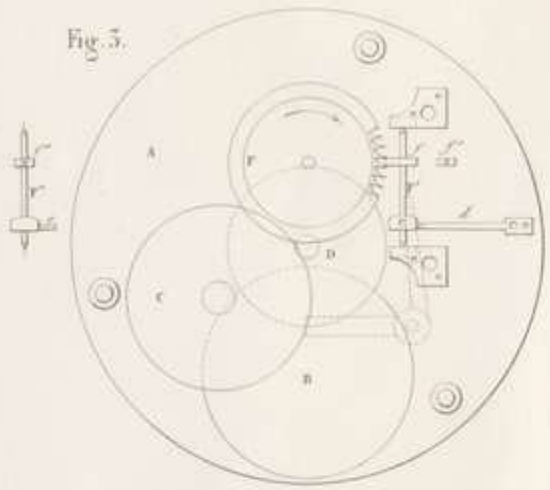


Fig. 7.

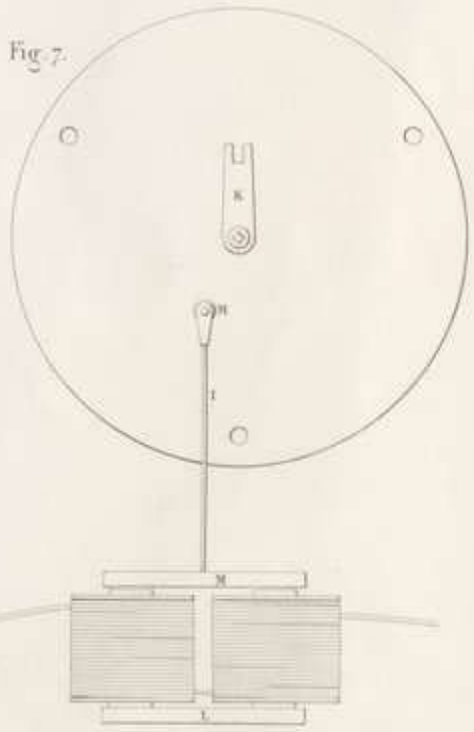


Fig. 4.

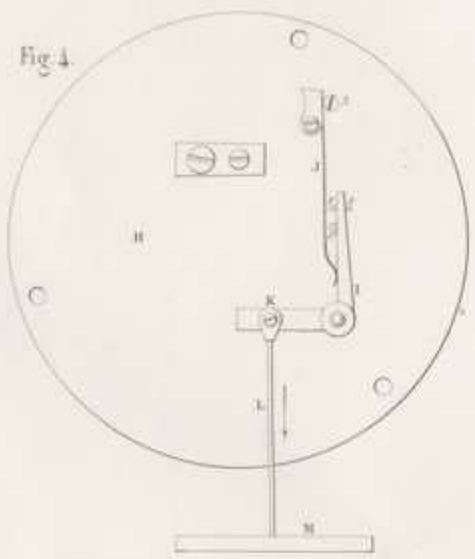


Fig. 5.

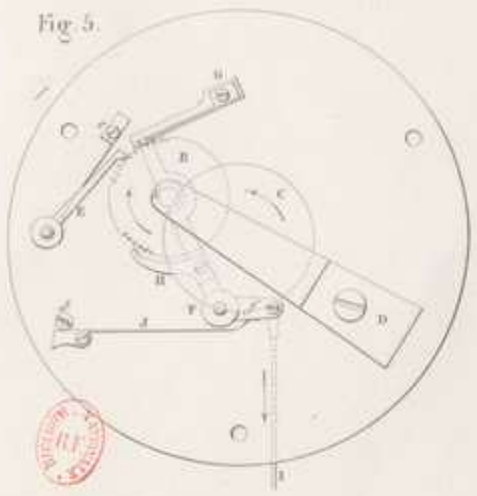


Fig. 6.

Fig. 1.

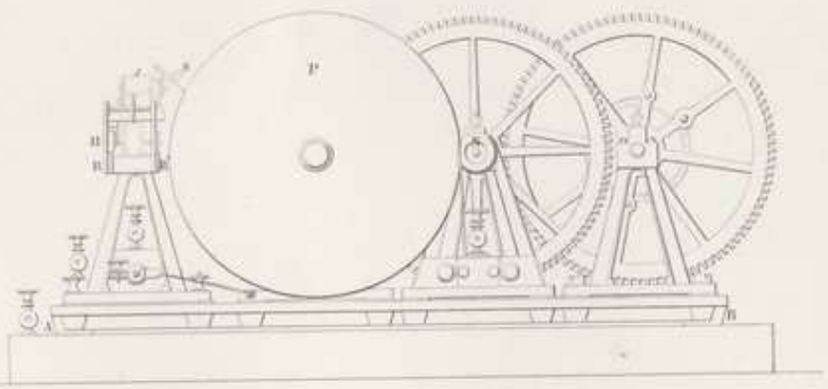


Fig. 3.

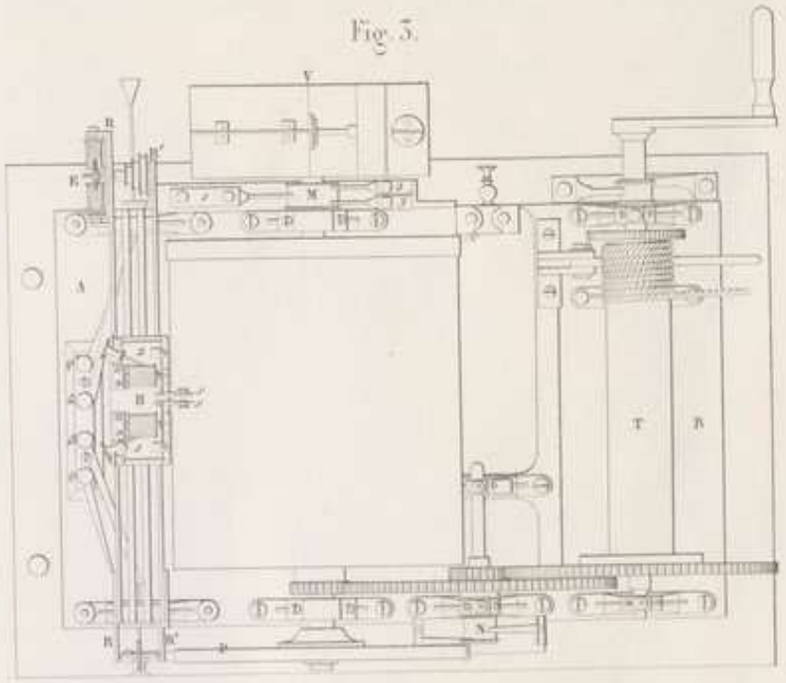


Fig. 2.

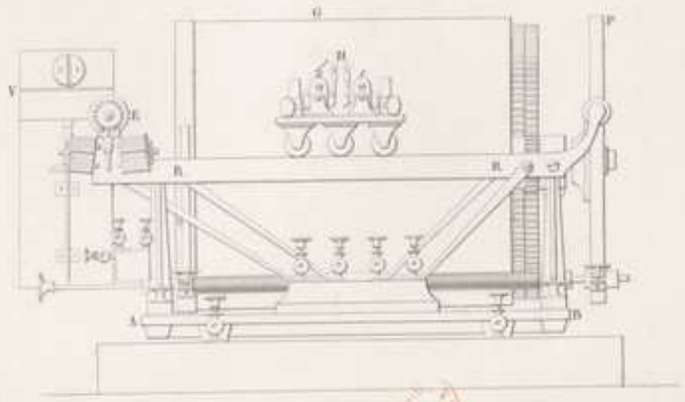
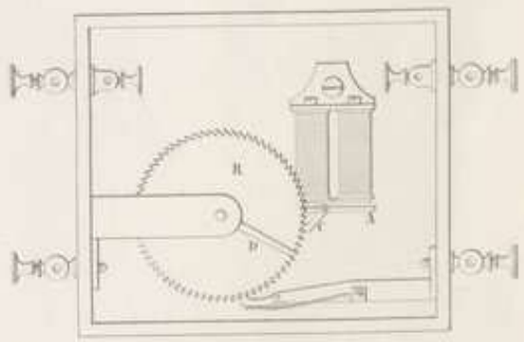


Fig. 4.



Gravé par E. Wormser

# ENREGISTREUR ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE DE Mr WHEATSTONE.

Fig. 1.

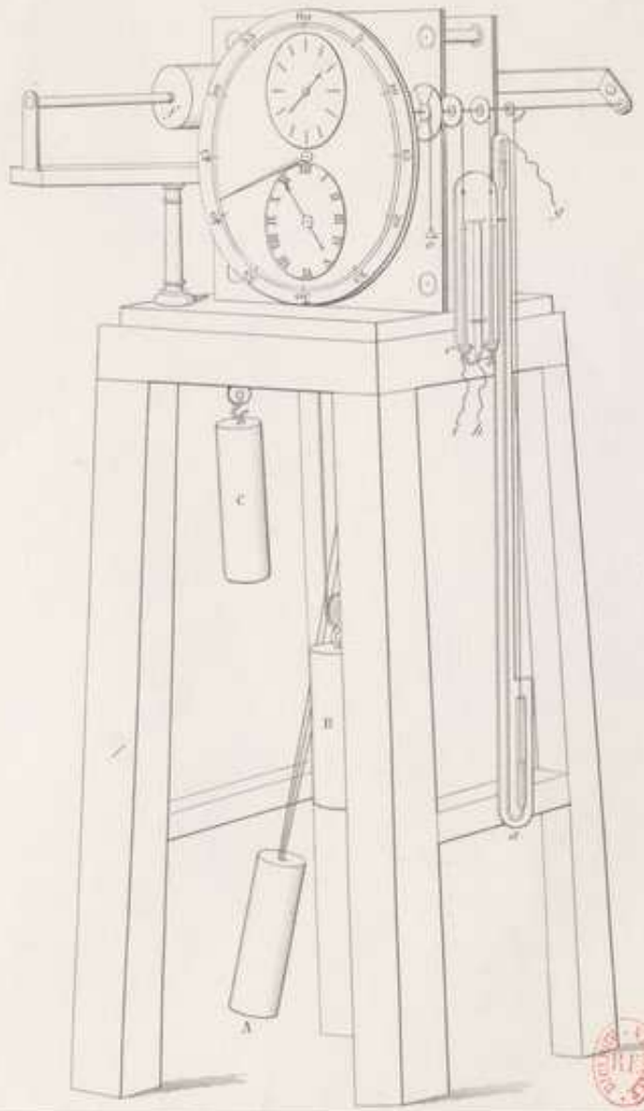


Fig. 2.

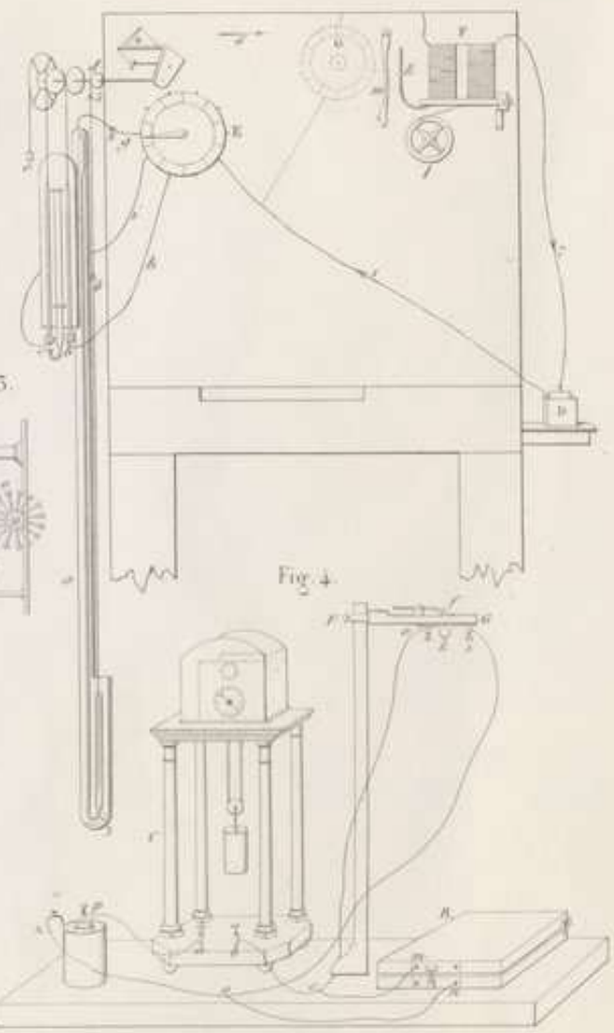


Fig. 3.

Fig. 4.

INVE
V.

BIBLIOTHEQUE NATIONALE DE FRANCE
3 7531 02503130 4